

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Relatório de Iniciação Científica

**Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial
Brasileiro**

Natália Sens Fedrigo
Guilherme Gonçalves
Paulo Figueiredo Lucas
Orientador: Prof. EneDir Ghisi, *Ph.D.*

Florianópolis
Janeiro de 2009

AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais Luiz Fedrigo e Eucleria Sens Fedrigo, José Gonçalves Junior e Miriam Gomes da Silva e Max Antônio Ramos Lucas e Mariuza Figueiredo Lindenberg pelo amor, carinho e incentivo que sempre nos proporcionaram.

Ao professor EneDir Ghisi, pela orientação durante este trabalho. Agradecemos por seu incentivo, ajuda e dedicação.

Aos colegas de trabalho do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE, pelo companheirismo e pelas horas de descontração.

Ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica- PROCEL/Eletrobrás, pelo fornecimento dos dados sobre hábitos de uso de energia elétrica no setor residencial brasileiro.

À Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A., pelo financiamento das bolsas de estudos que tornou este projeto viável.

RESUMO

Para enfrentar os atuais desafios globais de sustentabilidade do planeta e implantar projetos eficientes e economicamente viáveis, é necessário conhecer os hábitos de uso e de consumo de energia elétrica em edificações. O objetivo principal deste trabalho é estimar os usos finais de energia elétrica no setor residencial das regiões geográficas e das oito Zonas Bioclimáticas brasileiras. A análise baseia-se em dados obtidos através de pesquisa por amostragem, elaborada pelo PROCEL/Eletrobrás em 5625 residências, distribuídas em 18 Estados e o Distrito Federal, no ano de 2005, abrangendo 85,5% do território nacional. Foi calculado o consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro considerando os seguintes equipamentos: refrigerador, freezer, ar condicionado, televisor, iluminação, aparelho de som, micro computador, ferro elétrico, lava roupa, lava louça, secadora de roupa, forno microondas, forno elétrico e torneira elétrica. O consumo de energia foi calculado para duas épocas do ano, verão e inverno. Isso foi possível porque o uso de ar condicionado e chuveiro elétrico, equipamentos que são influenciados pelo clima, foi apresentado separadamente para as duas estações. Observou-se que o consumo médio de energia elétrica nas residências brasileiras foi de 152,2 kWh/mês, mas há grande variação no país. A região Sul apresentou o maior consumo residencial entre as regiões geográficas brasileiras atingindo o valor de 273,1 kWh/mês no verão e 261,3 kWh/mês no inverno. O menor consumo foi registrado na região Norte com 96,5 kWh/mês no verão e 81,0 kWh/mês no inverno. Na Zona Bioclimática 1 (temperaturas mais baixas), o consumo médio no verão atingiu 310,6 kWh/mês e no inverno 280,7 kWh/mês. As residências localizadas na Zona 7 (temperaturas mais altas) consomem em média 86,9 kWh/mês e 104,4 kWh/mês, respectivamente, no verão e no inverno. Com relação aos usos finais, no verão o ar condicionado representa 9% do consumo total de uma residência em regiões de temperaturas mais baixas, enquanto em zonas mais quentes representa 5%. Já o chuveiro foi responsável por 37% do consumo total no verão e 45% no inverno na Zona 1; e 1% do total no verão e 6% no inverno na Zona 7. O consumo dos demais equipamentos eletrônicos não apresenta grandes variações; em média o consumo ficou distribuído em 5,5% para iluminação, 31% para refrigerador e freezer, e 17% para os demais equipamentos eletrônicos. Conclui-se que os diferentes climas do território brasileiro influenciam diretamente o consumo de energia elétrica do setor residencial, principalmente, por meio do uso de ar condicionado e chuveiro elétrico.

Sumário

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	ii
LISTAS DE FIGURAS.....	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.Considerações Preliminares	1
1.2.Objetivos	4
1.2.1.Objetivo Geral.....	4
1.2.2.Objetivos Específicos.....	4
1.3.Estrutura do Trabalho.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1.Introdução	6
2.2.Matriz Energética Mundial	6
2.3.Matriz Energética Brasileira	7
2.4.Consumo de Energia Elétrica Residencial Mundial.....	9
2.5.Consumo de Energia Elétrica Residencial Brasileiro	9
2.6.Usos Finais de Energia Mundial no Setor Residencial	11
2.7.Usos Finais de Energia Brasileira no Setor Residencial	12
2.8.Tipologia Arquitetônica	14
2.9.Influência das Condições Climáticas no Uso Final de Energia Elétrica.....	15
2.10.Considerações Finais.....	16
3.METODOLOGIA	17
3.1.Separação das Amostras.....	18
3.2.Informações Sócio-Econômicas.....	19
3.3.Obtenção da Potência e Tempo de Uso Mensal.....	20
3.3.1.Potências	20
3.3.2.Tempo de Uso Mensal	21
3.3.2.1.Iluminação.....	21
3.3.2.2.Refrigerador e Freezer.....	21
3.3.2.3.Ar Condicionado	21
3.3.2.4.Televisor.....	22
3.3.2.5.Chuveiro.....	22
3.3.2.6.Outros Equipamentos	23

3.4.Cálculo do Consumo de Energia Elétrica Mensal e Diário por Residência.....	23
3.4.1.Consumo de Energia Elétrica por Aparelhos em <i>Standby</i>	24
3.5.Usos Finais de Energia Elétrica	24
3.6.Intervalo de Confiança	25
3.7.Correlação	26
4. RESULTADOS	27
4.1.Introdução	27
4.2.Usos Finais de Energia Elétrica por Região Geográfica.....	28
4.2.1.Fatores Geográficos e Sócio-econômicos	28
4.2.2.Componentes Construtivos	31
4.2.3.Posse de Equipamento	35
4.2.3.1.Iluminação.....	37
4.2.3.2.Chuveiro elétrico.....	38
4.2.4.Consumo de Energia Elétrica por Aparelhos em <i>Standby</i>	40
4.2.5.Usos Finais de Energia Elétrica no Verão e Inverno	41
4.3.Usos Finais de Energia Elétrica por Zona Bioclimática	50
4.3.1.Usos Finais de Energia Elétrica por Subzonas Brasileiras.....	60
4.4.Usos Finais de Energia Elétrica por Faixa de Consumo.....	66
4.5.Intervalo de Confiança	72
4.6.Correlações.....	73
4.7.Considerações Finais.....	81
5. CONCLUSÕES	83
5.1.Conclusões Gerais.....	83
5.2.Limitações do Trabalho.....	85
5.3.Sugestões para Trabalhos Futuros.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
APÊNDICE I.....	91
APÊNDICE II	92
APÊNDICE III.....	93

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1.1. Consumo de energia elétrica no setor residencial no Brasil e nas cinco regiões brasileiras.....	2
Figura 2.1. Matriz energética dos quinze países que mais produzem energia	7
Figura 2.2. Matriz energética brasileira.	8
Figura 2.3. Consumo de energia elétrica e distribuição da população brasileira por região geográfica.	8
Figura 2.4. Comparação do consumo de energia elétrica residencial por ano em cinco países.	9
Figura 2.5. Consumo médio de energia elétrica residencial brasileira de 1985 a 2007..	10
Figura 2.6. Uso final de eletricidade no Brasil ao longo do verão (a) e inverno (b).....	13
Figura 2.7. Correlação entre latitude e o uso final de chuveiro elétrico no verão.	16
Figura 2.8. Correlação entre latitude e o uso final de ar condicionado no verão.....	16
Figura 3.1. Mapa do Brasil com a localização das 284 cidades incluídas na base de dados.	17
Figura 4.1. Mapa do Brasil com indicação dos dezoito estados considerados na pesquisa.	27
Figura 4.2. Porcentagem de área territorial, população e consumo de energia por região geográfica do Brasil.	29
Figura 4.3. Renda familiar, número de moradores por residência e consumo de energia por residência.	29
Figura 4.4. Renda familiar em número de salários por residência.....	30
Figura 4.5. Porcentagem de tipo de residências de acordo com a região geográfica.....	31
Figura 4.6. Distribuição de área construída das residências de acordo com a região geográfica.....	31
Figura 4.7. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com lajes de concreto e sem forro.....	33
Figura 4.8. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com lajes de concreto e forro de plástico.....	33
Figura 4.9. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com lajes de concreto e forro de madeira.....	34
Figura 4.10. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de barro e sem forro.	34

Figura 4.11. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de barro e forro de plástico.	34
Figura 4.12. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de barro e forro de madeira.	34
Figura 4.13. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de amianto e sem forro.	34
Figura 4.14. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de amianto e forro de plástico.	34
Figura 4.15. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de amianto e forro de madeira.	34
Figura 4.16. Distribuição da posse de lâmpadas por região.	37
Figura 4.17. Porcentagem de tipo de aquecimento de água para banho de acordo com a região geográfica.	39
Figura 4.18. Porcentagem de tipo de aquecimento de água para banho de acordo com a região geográfica no período de 1997 a 1999.	39
Figura 4.19. Uso final de energia elétrica no modo <i>standby</i> para quatro equipamentos nas cinco regiões brasileiras.	41
Figura 4.20. Usos finais de energia elétrica no Brasil.	43
Figura 4.21. Usos finais de energia elétrica no Brasil no verão e no inverno.	44
Figura 4.22. Usos finais de energia elétrica na região Norte no verão e no inverno.	45
Figura 4.23. Usos finais de energia elétrica na região Nordeste no verão e no inverno.	46
Figura 4.24. Usos finais de energia elétrica na região Centro-Oeste no verão e no inverno.	47
Figura 4.25. Usos finais de energia elétrica na região Sudeste no verão e no inverno.	48
Figura 4.26. Usos finais de energia elétrica na região Sul no verão e no inverno.	49
Figura 4.27. Variação da temperatura média em oito cidades pertencentes as oito Zonas Bioclimáticas. Fonte: Goulart et al. (1997).	51
Figura 4.28. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 1 no verão e no inverno.	53
Figura 4.29. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 2 no verão e no inverno.	54
Figura 4.30. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 3 no verão e no inverno.	55
Figura 4.31. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 4 no verão e no inverno.	56

Figura 4.32. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 5 no verão e no inverno.....	57
Figura 4.33. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 6 no verão e no inverno.....	58
Figura 4.34. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 7 no verão e no inverno.....	59
Figura 4.35. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 8 no verão e no inverno.....	60
Figura 4.36. Mapas do Brasil indicando as oito zonas bioclimáticas separadamente e a localização das subzonas.....	62
Figura 4.37. Consumo de energia elétrica residencial de chuveiro por subzonas em kWh/ mês no inverno.	66
Figura 4.38. Distribuição das residências por faixa de consumo de energia elétrica de acordo com a base de dados utilizada neste trabalho.	66
Figura 4.39. Distribuição das residências por faixa de consumo de energia elétrica de acordo com dados do PROCEL. Fonte: PROCEL (2007).	67
Figura 4.40. Distribuição das residências por faixa de consumo de energia elétrica estimado por esta pesquisa.	67
Figura 4.41. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 0-50 kWh/mês.	70
Figura 4.42. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 51-100 kWh/mês.	70
Figura 4.43. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 101-200 kWh/mês.	71
Figura 4.44. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 201-300 kWh/mês.	71
Figura 4.45. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 301-500 kWh/mês.	72
Figura 4.46. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio maior do que 500 kWh/mês.....	72
Figura 4.47. Correlação entre número de moradores por residência e consumo diário por pessoa.	74
Figura 4.48. Correlação entre posse e consumo residencial mensal de eletricidade com uso de chuveiro elétrico.	74
Figura 4.49. Correlação entre posse e uso final de chuveiro elétrico.	75

Figura 4.50. Correlação entre posse e consumo residencial mensal de eletricidade com o uso de ar condicionado.....	75
Figura 4.51. Correlação entre posse e uso final de ar condicionado.....	76
Figura 4.52. Correlação entre renda mensal residencial e consumo de energia elétrica por pessoa.....	77
Figura 4.53. Correlação entre latitude e consumo mensal por residência.....	77
Figura 4.54. Correlação entre latitude e uso final de chuveiro elétrico.	78
Figura 4.55. Correlação entre latitude e uso final de chuveiro, excluídos os dados de consumo nulo.	79
Figura 4.56. Correlação entre latitude e uso final de ar condicionado.....	79
Figura 4.57. Correlação entre latitude e uso final de ar condicionado, excluídos os dados de consumo nulo.	80
Figura 4.58. Correlação entre latitude e uso final de refrigerador.	80
Figura 4.59. Correlação entre latitude e uso final de iluminação.....	80

L LISTAS DE TABELAS

Tabela 3.1. Número de amostras presentes no banco de dados por estado.....	18
Tabela 4.1. Número médio de moradores por residência em cada região geográfica em 2005.....	30
Tabela 4.2. Consumo mensal médio por residência em cada região geográfica em 2005.	30
Tabela 4.3. Quantidade de residências em que se utiliza aparelhos de ar condicionado.....	32
Tabela 4.4. Posse de equipamentos por residência.	35
Tabela 4.5. Comparação da quantidade média de equipamentos por residência em cada região nos anos de 1998 e 2005.	36
Tabela 4.6. Quantidade média de cada tipo de lâmpadas por residência para as cinco regiões brasileiras.....	38
Tabela 4.7. Posição da chave que controla o aquecimento da água no chuveiro elétrico no verão e inverno.	40
Tabela 4.8. Consumo de energia elétrica mensal médio por residência em cada região geográfica em 2005 para aparelhos em modo <i>standby</i>	41
Tabela 4.9. Porcentagem de energia consumida por aparelhos em <i>standby</i> em relação ao consumo médio total por residência em cada região geográfica em 2005.....	41

Tabela 4.10. Número de pessoas, residências, consumo médio diário por pessoas e consumo mensal por residência.	41
Tabela 4.11. Média do consumo de energia elétrica mensal dos equipamentos por residência.....	42
Tabela 4.12. Comparação de usos finais de eletricidade no setor residencial brasileiro por regiões geográficas entre os anos de 1998 e 2005.	50
Tabela 4.13. Consumo de energia elétrica média por residência nas Zonas Bioclimáticas brasileiras no verão e no inverno.	52
Tabela 4.14. Média residencial do consumo de energia elétrica mensal por subzonas. .	63
Tabela 4.15. Usos finais de energia elétrica residencial por Subzonas no verão.....	64
Tabela 4.16. Usos finais de energia elétrica residencial por Subzonas no inverno.	65
Tabela 4.17. Porcentagem das residências que apresentam consumo de energia elétrica dentro do intervalo real de consumo fornecido pelas concessionárias.	68
Tabela 4.18. Posse de equipamentos residenciais por faixa de consumo.	68
Tabela 4.19. Quantidade média de cada tipo de lâmpadas por residência para cada faixa de consumo de energia elétrica.	69
Tabela I.1. Conversão das potências em BTU para Watts.	91
Tabela II.1. Usos Finais de Energia Elétrica no verão para as regiões brasileiras.....	92
Tabela II.2. Usos Finais de Energia Elétrica no Inverno para as regiões brasileiras.	92
Tabela III.1. Uso final de energia elétrica residencial nas Zonas Bioclimáticas brasileiras no verão.	93
Tabela III.2. Uso final de energia elétrica residencial nas Zonas Bioclimáticas brasileiras no inverno.	94

1 . INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Preliminares

A energia elétrica é de fundamental importância para a humanidade. Seu consumo é considerado um dos indicadores do desenvolvimento da população mundial (TEIXEIRA, 2002). No Brasil, o consumo de energia elétrica apresenta crescimento constante, atingindo 390 TWh em 2006, valor 3,9% superior ao de 2005. Neste mesmo ano, o consumo residencial atingiu 85,8 TWh, com crescimento de 3,1% (BEN, 2006). Percebe-se, portanto, que o setor residencial respondeu por 22% do consumo total de eletricidade no Brasil em 2006.

O mercado de eletricidade tem crescido continuamente a taxas superiores às do crescimento do PIB (Produto Interno Bruto), apenas apresentando pequenas flutuações durante períodos de estagnação e recessão econômica (BEN, 2006). A Figura 1.1 mostra o crescimento do consumo de energia elétrica residencial brasileira (total e para cada região geográfica) no período de 1991 a 2006. Observa-se que o consumo da Região Sudeste é superior ao das demais. Isso se deve à maior parte da população brasileira estar concentrada nesta região.

O período de 2001 foi marcado por uma queda no consumo de energia elétrica no setor residencial devido a uma crise energética em que foram adotadas medidas de racionamento. Participaram dessas medidas de economia as regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e posteriormente Norte. Nota-se que em 2006, pela primeira vez, o consumo residencial atingiu um valor maior do que em 2000, ano que antecedeu a crise energética brasileira (BEN, 2006).

Segundo Ghisi et al. (2007) o consumo de energia elétrica nas residências brasileiras entre os anos de 1997 e 1999 ficou distribuído em 10% para climatização dos ambientes através do uso de aparelhos de ar condicionado, 20% para aquecimento da água através do uso de chuveiros elétricos, 11% para iluminação, 42% para refrigerador e freezer e

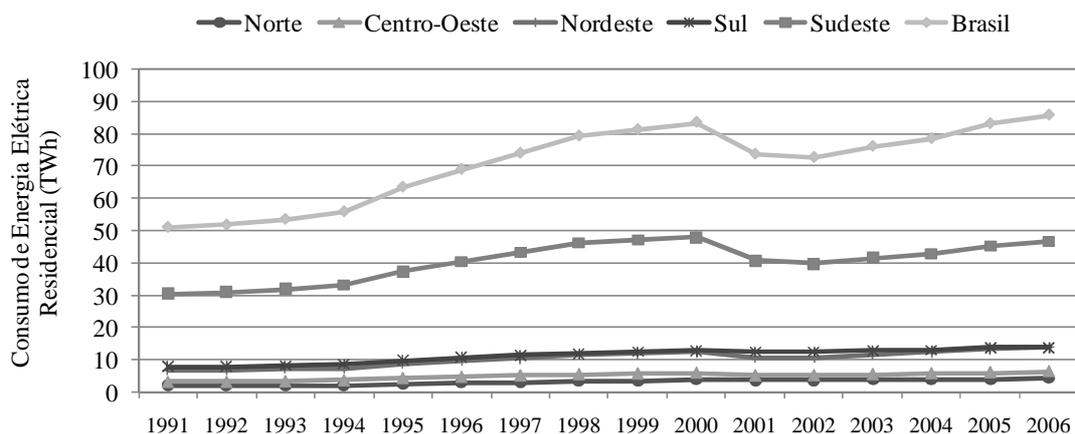


Figura 1.1. Consumo de energia elétrica no setor residencial no Brasil e nas cinco regiões brasileiras.
Fonte: BEN (2006).

17% para equipamentos eletrônicos. Como o ar condicionado e o chuveiro elétrico têm seu consumo relacionado às condições climáticas, verificou-se um consumo correspondente a 16% do total no verão e 2% no inverno para os aparelhos de ar condicionado; e 18% do total no verão e 22% no inverno para os chuveiros elétricos.

O uso final de energia elétrica apresenta características peculiares em cada nação ou país. Enquanto as residências brasileiras consomem em média 144 kWh/mês (EPE, 2007) os países membros da IEA (*International Energy Agency*)¹ registraram um consumo de 888 kWh/mês por residência (IEA, 2003), dados estes correspondentes ao ano de 2001. Isso representa um consumo seis vezes maior do que o brasileiro. Quase um terço de toda a eletricidade produzida nos países membros da IEA acaba sendo usada na refrigeração doméstica, lavadora de louças, fornos, lâmpadas e outros equipamentos. O consumo de energia elétrica do setor residencial dos países membros da IEA em 2000 foi de 2341 TWh. O uso final ficou distribuído da seguinte forma: 22,5% para climatização do ambiente, 13,5% para aquecimento da água, 12,9% para iluminação, 13,4% para refrigerador e freezer, 19,2% para equipamentos eletrônicos e 5,1% em *standby* (IEA, 2003).

O consumo de energia elétrica no setor residencial apresenta grande variação no mundo e conhecer as diferenças da sua utilização é fundamental para garantir um melhor

¹ Países Membros da IEA:
Áustria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Estados Unidos, República da Coreia, Luxemburgo, Países Baixos, Nova Zelândia, Noruega, Portugal, República Eslovaca, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia e Reino Unido.

aproveitamento desta energia. Vários aspectos influenciam esse consumo. Dentre eles estão o clima da região, as características arquitetônicas da construção, o sistema de ventilação e resfriamento, o rendimento dos aparelhos eletrônicos e as características de uso e hábitos dos moradores. Podendo ser alterado também devido ao tamanho da família, das dimensões da moradia, do estilo de vida e renda familiar. A energia elétrica consumida em uma residência pode variar a cada hora do dia, semana, finais de semana e nos diferentes meses do ano (YOHANIS et al., 2007).

O conhecimento dos hábitos de utilização de energia aliado com novas pesquisas de eficiência energética é a forma mais barata de diminuir o consumo de energia elétrica e evitar os danos ao meio ambiente. Segundo Greenpeace (2007), somente com medidas de eficiência energética, seria possível reduzir cerca de 20% do consumo de energia elétrica no Brasil, além de diminuir as emissões de CO₂ em 10% (que seria uma importante contribuição na diminuição do efeito estufa).

Este relatório baseia-se no projeto patrocinado pela Eletrobrás/PROCEL, relativo a uma pesquisa de campo sobre posse de equipamentos elétricos e hábitos de consumo no setor residencial brasileiro em 2005. O projeto teve como objetivo determinar a posse e obter o grau de utilização de equipamentos elétricos, através de uma pesquisa de campo. No questionário, foram introduzidos quesitos relativos às condições sócio-econômicas, qualidade do fornecimento da energia elétrica, medidas adotadas no racionamento, previsão de aquisição de eletrodomésticos, entre outros, de forma a permitir algumas comparações pertinentes (ELETROBRÁS/PROCEL, 2007).

O consumo de energia elétrica no setor residencial é determinado por variações no hábito de consumo brasileiro. Este relatório pretende estudar os perfis dos consumidores das regiões geográficas e das oito zonas bioclimáticas dando base para novas pesquisas de eficiência energética.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é comparar o consumo médio mensal e estimar os usos finais de energia elétrica no setor residencial das regiões geográficas e oito zonas bioclimáticas brasileiras.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para estabelecer os diferentes hábitos de consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro e suas influências (climáticas e sócio-econômicas) alguns objetivos específicos foram enumerados:

- Relacionar a renda familiar com o consumo médio residencial e o número de moradores de cada residência;
- Avaliar a influência das características construtivas e a tipologia arquitetônica no consumo de energia;
- Estimar os usos finais por faixa de consumo de energia elétrica;
- Estimar os gastos do consumo por *standby* nas residências brasileiras;
- Verificar correlações entre o consumo e usos finais de energia elétrica com as variáveis renda familiar, número de moradores por residência e latitude.
- Estimar o intervalo de confiança para os usos finais de energia elétrica.

1.3. Estrutura do Trabalho

Este relatório de iniciação científica encontra-se dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados e Conclusões. O primeiro capítulo apresenta uma introdução sobre o tema do trabalho abordando sua importância, e em seguida, os objetivos geral e específicos.

Na Revisão Bibliográfica é feito um estudo abordando assuntos relacionados ao tema desse relatório. O capítulo apresenta dados referentes ao consumo e uso final de energia elétrica brasileira e mundial e serão apresentadas as variáveis que os influenciam.

O terceiro capítulo apresenta o método utilizado para alcançar os objetivos mostrados no primeiro capítulo. A metodologia aponta como foram realizados os cálculos de consumo a partir das 5625 residências e respectivas informações presentes no banco de dados do PROCEL. Mostra ainda o método utilizado para as separações das amostras de acordo com regiões geográficas e zonas bioclimáticas e o conteúdo do banco de dados.

Os resultados apresentados no quarto capítulo mostram o consumo de energia elétrica dividido em três frentes de estudo: a análise por regiões geográficas, a avaliação por Zonas Bioclimáticas e a comparação por Subzonas. Faz parte deste capítulo a estimativa dos usos finais de energia elétrica no setor residencial no Brasil, contendo a distribuição do consumo de energia elétrica entre equipamentos eletrônicos e *standby*. A análise das influências da tipologia arquitetônica sobre o consumo está inclusa neste capítulo.

O capítulo cinco apresenta as conclusões referentes às análises realizadas no capítulo quatro deste estudo. Juntamente com as conclusões do trabalho são expostas as limitações e propostas para trabalhos futuros.

2 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introdução

Este capítulo tem como objetivo apresentar informações referentes ao consumo e usos finais de energia elétrica no setor residencial, bem como apresentar estudos já realizados a respeito deste tema.

2.2. Matriz Energética Mundial

O fornecimento de energia é fator determinante na qualidade de vida de um país. O consumo é superior em países desenvolvidos, pois a posse de aparelhos domésticos bem como a demanda de energia requisitada pela indústria é maior, se comparado com os países pobres ou em desenvolvimento. No entanto, a maior parte da fonte de energia utilizada no planeta ainda é proveniente de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural), uma das principais fontes geradoras de poluição (GREENPEACE, 2006).

A Figura 2.1 mostra a matriz energética dos quinze países que mais produzem energia elétrica no mundo. Observa-se que as usinas termoelétricas são responsáveis por mais da metade do total da produção energética nessas nações. O maior problema é que a energia proveniente dessas usinas não é renovável e é altamente poluidora devido à queima de combustível fóssil. Nota-se também que o Brasil encontra-se no décimo lugar dos maiores geradores de energia mundial, dando destaque à produção de energia renovável, que segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2007) corresponde a 45% do total produzido, sendo que a média mundial de produção de energia renovável é de apenas 14%.

Segundo relatório do Greenpeace (2007) as energias renováveis poderiam suprir 35% das necessidades mundiais de energia até 2030, através de medidas de eficiência energética de longo alcance. Ao optar por energias renováveis e eficiência energética, países em desenvolvimento podem estabilizar suas emissões de CO₂ e, ao mesmo tempo, aumentar o consumo de energia através do crescimento econômico.

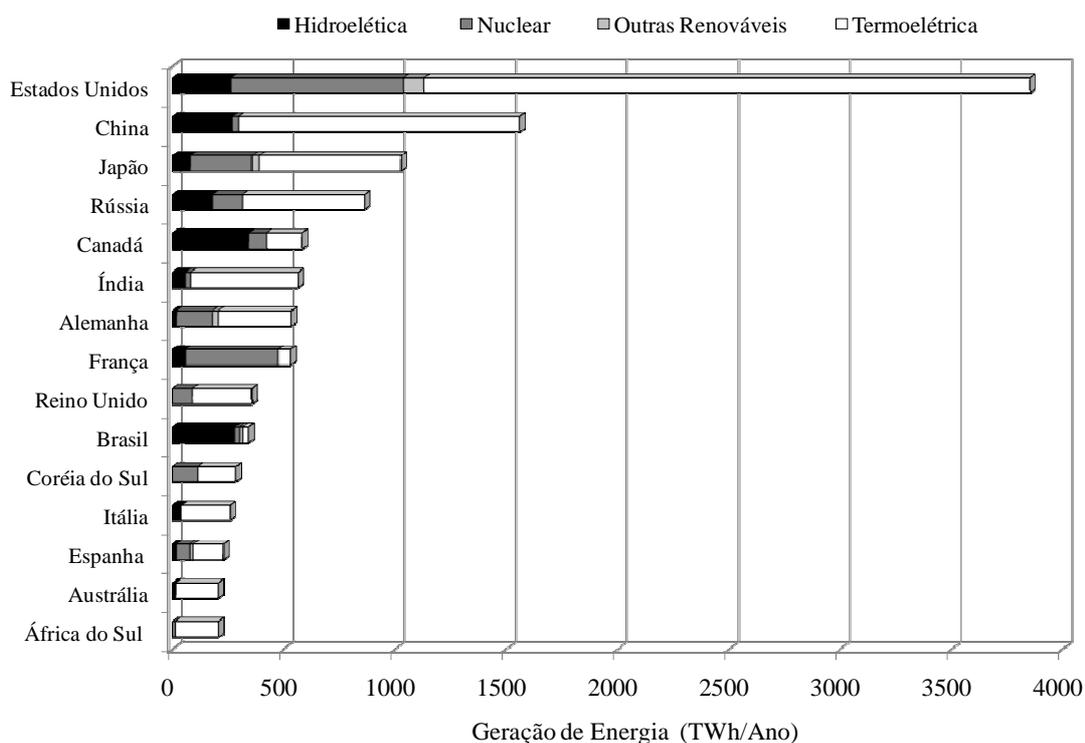


Figura 2.1. Matriz energética dos quinze países que mais produzem energia.
Fonte: IEA (2003).

2.3. Matriz Energética Brasileira

A geração de energia elétrica brasileira apresenta uma característica bastante peculiar, sua produção provém principalmente de fonte hídrica correspondendo a 86% do total produzido atualmente (Figura 2.2). A biomassa representou 4% na demanda por energia elétrica seguida pelo gás natural e derivados de petróleo com 3% (BEN, 2008).

O Brasil apresentou um forte crescimento da produção de petróleo, bem como das fontes renováveis de energia hidráulica e de derivados da cana-de-açúcar, o que permitiu uma contínua redução da dependência externa de energia. A dependência reduziu de 10,2% em 2005 para 8,3% em 2006, uma expressiva redução de quase 2 pontos percentuais, apesar do crescimento da demanda interna de energia em 3,4% (BEN, 2006).

O consumo final de energia em 2006 foi de 202,9 milhões tep (tonelada de equivalente de petróleo), correspondente a 89,7% da oferta interna de energia e 3,3 vezes superior

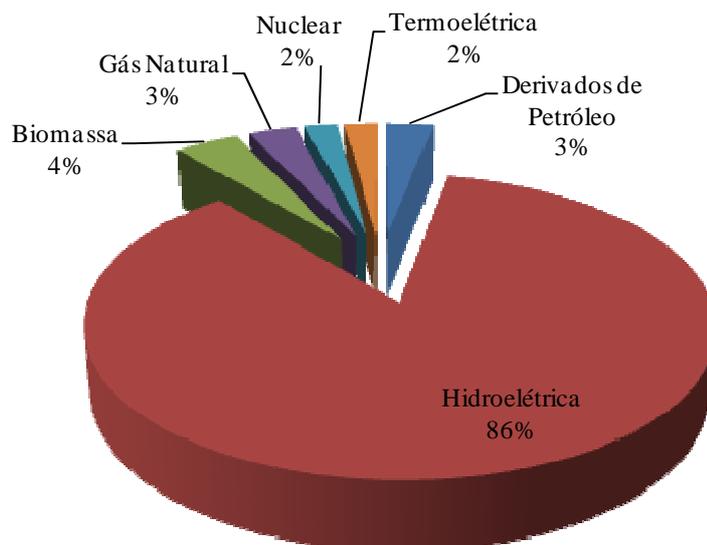


Figura 2.2. Matriz energética brasileira.
Fonte: BEN (2008).

ao de 1970 (BEN, 2006). O consumo de energia elétrica nas regiões brasileiras encontra-se desigualmente distribuído, como mostrado na Figura 2.3. Relacionando a população e a quantidade de energia consumida, nota-se que no Sudeste e Sul a percentagem de consumo de energia elétrica é maior do que a população residente nestas regiões. Somente a região Sudeste utiliza 54,3% do total de energia seguida pela região Sul com 17,1%.

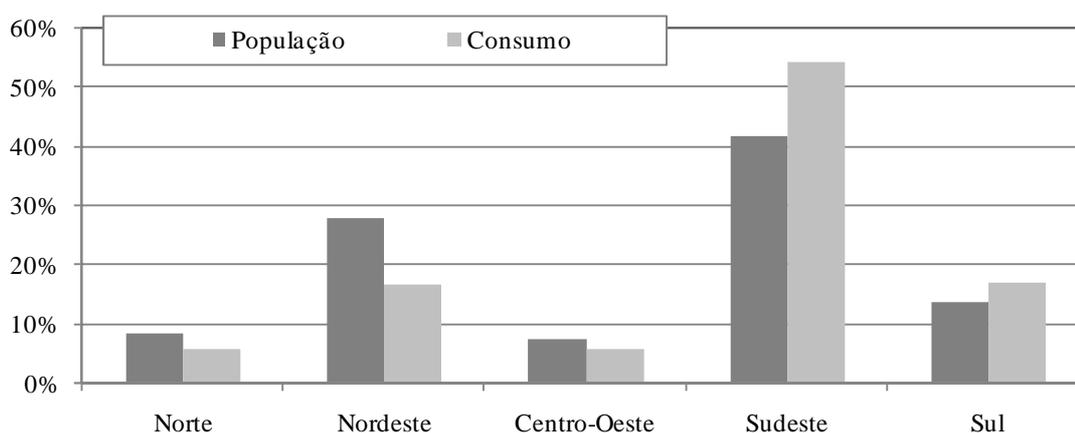


Figura 2.3. Consumo de energia elétrica e distribuição da população brasileira por região geográfica.
Fonte: BEN (2006) e IBGE (2007).

2.4. Consumo de Energia Elétrica Residencial Mundial

O consumo de energia elétrica no setor residencial apresenta diferentes hábitos e prioridades em cada nação. A quantidade média de energia consumida em uma residência varia muito em cada parte do mundo, como mostra a Figura 2.4. Por exemplo, as residências da América do Norte consumiram 2,4 vezes mais do que as Européias em 2000. Além disso, na década de 1990 a taxa de crescimento do consumo de eletricidade foi quase três vezes superior no Japão do que na Europa no mesmo período. Essa variação no consumo residencial pode ser gerada por vários fatores, entre eles: a variação do rendimento dos aparelhos eletrônicos, os custos de energia, o tamanho da residência, o clima, os padrões de consumo, o consumidor e o produtor e os padrões de eficiência energética adotados (IEA, 2003).

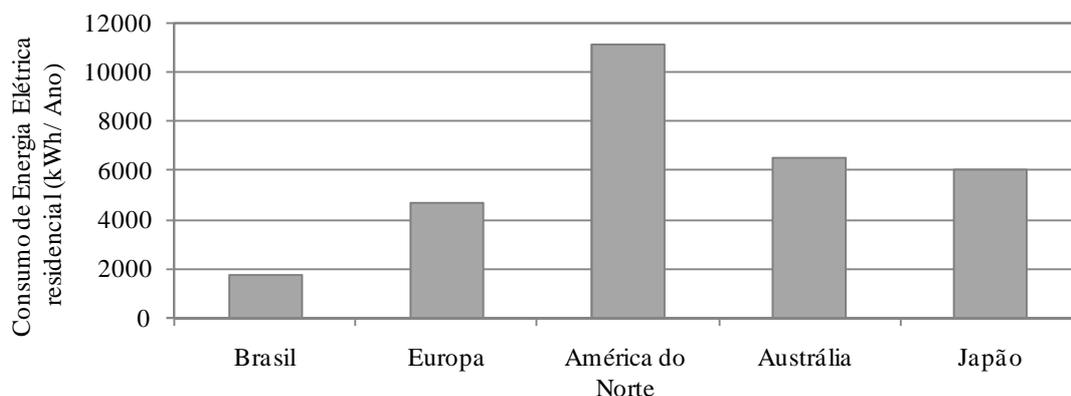


Figura 2.4. Comparação do consumo de energia elétrica residencial por ano em cinco países.

Fonte: IEA (2003).

2.5. Consumo de Energia Elétrica Residencial Brasileiro

O consumo de energia elétrica residencial brasileiro apresentou crescimento significativo, em 2006, pois cresceu 3,8% em relação ao ano anterior. A expansão desse consumo ocorreu principalmente devido à ampliação do número de ligações residenciais que em 2005 foi 3,5% superior ao ano anterior, representando a incorporação de 1,7 milhões de clientes em um ano. Isto porque o consumo médio residencial manteve-se no mesmo patamar de 2005 com 144 kWh/mês por residência. O Norte e o Sudeste são as regiões que apresentaram o maior crescimento no consumo residencial no ano de 2006, com taxas de 4,4% e 4,1%, respectivamente (EPE, 2007).

A Figura 2.5 mostra o perfil de consumo médio residencial brasileiro entre os anos de 1985 a 2007.

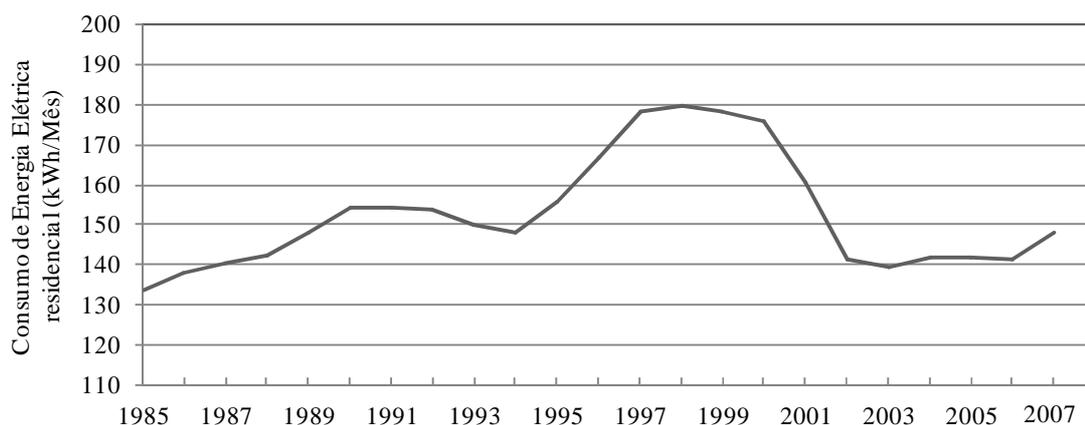


Figura 2.5. Consumo médio de energia elétrica residencial brasileira de 1985 a 2007.
Fonte: EPE (2007).

A região Nordeste apresentou a menor média de consumo residencial brasileiro em 2006, atingiu 96,8 kWh/mês, o que representa uma queda de 0,3% em comparação com 2005 (97,1 kWh/mês). Registra-se também que, comparativamente a 2005, as temperaturas médias no Nordeste em 2006 foram predominantemente mais baixas ou muito próximas, verificando-se raras exceções em alguns poucos meses e em poucas cidades. Dessa forma, pode-se inferir que não houve influência no consumo de energia nesses anos em decorrência da temperatura no subsistema que envolve esta região (EPE, 2007).

Na região Sudeste o consumo residencial apontou expansão de 4,1% no ano, com taxas de 6,3% no primeiro trimestre, de 2,7% no segundo, de 3,2% no terceiro e de 4,4% no último. O consumo médio evoluiu de 159,9 kWh/mês, em 2005, para 161,7 kWh/mês em 2006, significando crescimento de 1,1% (EPE, 2007).

No Centro-Oeste, o consumo residencial aumentou 3,4% no acumulado do ano, com taxas trimestrais de 2,1%, de 2,7%, de 3,9% e de 4,7% respectivamente nos primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestres. Neste caso não houve variação do consumo médio, que se manteve em 153,8 kWh/mês.

O consumo médio residencial na região Sul praticamente não apresentou variação, mantendo-se no patamar de 162 kWh/mês nos dois anos. As temperaturas nas capitais dos Estados explicam grande parte do comportamento do consumo residencial ao longo do ano, pois, comparativamente a 2005, foram mais altas nos três primeiros meses do

ano, significativamente mais baixas no segundo trimestre, mantiveram-se praticamente inalteradas no terceiro e voltaram a se elevar no último. Os efeitos das temperaturas sobre o consumo de energia elétrica podem ser constatados, sobretudo, através do consumo residencial médio. Considerando a média dos valores mensais em cada trimestre, verificou-se que no primeiro houve um aumento de 1,8% no indicador, no segundo um decréscimo de 1,9%, no terceiro uma redução de 0,8% e no quarto um aumento de 1,5%, justamente acompanhando o comportamento das temperaturas em cada período (EPE, 2007).

Devido às temperaturas normalmente altas ao longo do ano nos estados do Norte, o consumo médio residencial nesse subsistema é bastante elevado, tendo encerrado 2006 no patamar de 164 kWh/mês, o mais alto entre todos os subsistemas elétricos (EPE, 2007).

Em 2007, o crescimento do consumo de energia no setor residencial brasileiro foi de 5,4%, acima dos 4,5% de 2006 e dos 3,5% em 2005. Para 2008 a EPE (Empresa de Pesquisa Energética) já registrou em janeiro um consumo médio de 157 kWh/mês por residência, apontando acréscimo de 1,9% na comparação com o mesmo mês de 2007 (EPE, 2008).

2.6. Usos Finais de Energia Mundial no Setor Residencial

O uso final de energia é assunto de várias pesquisas, tanto nacionais quanto internacionais, onde cada nação apresenta características próprias que variam de acordo com o clima, a renda familiar e a cultura da região. Como citações de pesquisas mencionam-se no Brasil (GHISI et al., 2007), na China (ZHANG, 2004), nos Estados Unidos (PARKER, 2003) e nos países membros da *International Energy Agency* (IEA, 2003).

O consumo de energia elétrica do setor residencial dos países membros da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD)² foi de 2612 TWh em 2002, que correspondeu 31% do consumo total da eletricidade desta região. O aquecimento e

² Os 30 países membros da OCDE são:

Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Coreia, Luxemburgo, México, Países Baixos, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, eslovaca República, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido, Estados Unidos.

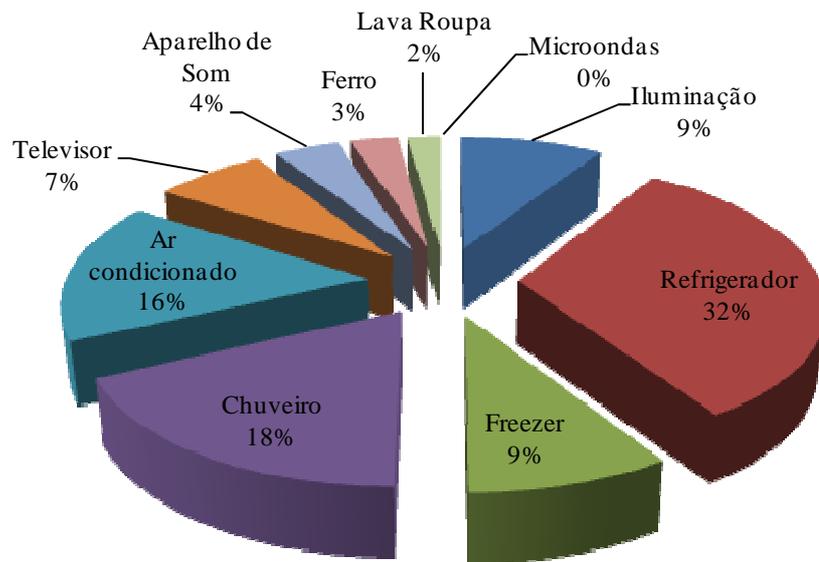
resfriamento foram responsáveis por cerca de 22%, aquecimento de água e iluminação por 14%, e outros aparelhos como equipamentos de cozinhar e limpeza e equipamento de escritório por 51% (OECD, 2006).

Os governos dos países membros da IEA estimam que se possa economizar 24% do consumo de aparelhos eletrônicos até 2010 e 33% até 2030, isso somente com a introdução de uma política de eficiência energética eficaz (IEA, 2003).

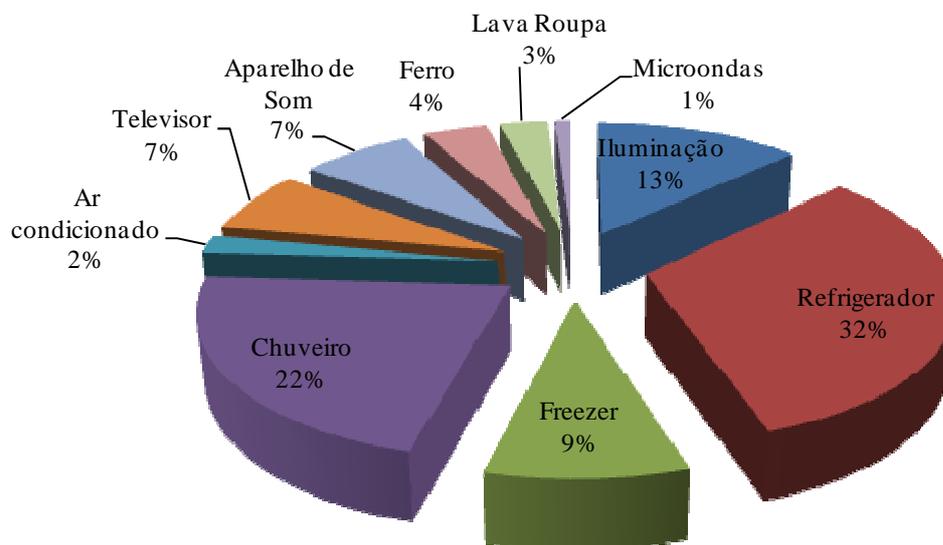
2.7. Usos Finais de Energia Brasileira no Setor Residencial

O uso final de eletricidade no setor residencial do Brasil foi primeiramente relatado por Jannuzzi e Schipper (1991) e abrangeu apenas algumas localidades no estado de São Paulo. Dez anos mais tarde, Almeida et al. (2001), baseados em um levantamento realizado em 1989 e patrocinado pelas Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás) e o Programa Brasileiro para a Conservação Eletricidade (PROCEL), relataram sobre os usos finais de eletricidade no setor residencial para as cinco regiões geográficas brasileiras. Ghisi et al. (2007) realizaram um estudo semelhante ainda patrocinado pela Eletrobrás e PROCEL.

Com base neste último estudo Ghisi et al. (2007) pesquisaram o uso final de energia elétrica nas residências brasileiras, entre os anos de 1997 e 1999, como mostrado na Figura 2.6. A geladeira e o freezer juntos representam pouco mais de 40% do consumo de energia elétrica nas residências no Brasil. Chuveiro elétrico é responsável por 20%, iluminação responde por 11% e ar condicionado, 10% do consumo total. O televisor e sistema de som juntos representam 11% do consumo de energia elétrica no setor residencial. Ferro, máquina de lavar roupa e forno microondas contam com 3%, 2% e 1% de participação no consumo, respectivamente. O uso final de eletricidade no Brasil foi analisado separadamente para inverno e verão. Pode ser observado que o ar condicionado, que responde por 2% ao longo do inverno e de 16% ao longo do verão, é o equipamento que apresentou uma diferença maior de consumo se comparado aos outros equipamentos.



(a) Verão



(b) Inverno

Figura 2.6. Uso final de eletricidade no Brasil ao longo do verão (a) e inverno (b).

Fonte: Ghisi et al. (2007).

Os eletrodomésticos respondem por grande parte do consumo mensal de energia elétrica em uma residência. Tornar os equipamentos energeticamente mais eficientes levará a uma diminuição no consumo de energia elétrica no setor residencial.

O Brasil tem muito a evoluir em termos de conservação de energia. Por exemplo, uma geladeira feita no Brasil consome cerca de 350 kWh por ano enquanto que essa geladeira de mesmo tamanho feita na Dinamarca consome 100 kWh. Ou seja, indústrias

brasileiras consomem muita energia para produzir equipamentos que consomem muita energia e, conseqüentemente, com preços mais elevados (FLORENTINO, 2008).

Cardoso (2006) estudou edificações residenciais em Maringá-PR, visando estratégias para ampliar o conforto térmico e a eficiência energética. O relatório mostrou que 60% do total de lâmpadas eram do tipo incandescentes, 87% das residências possuem no mínimo um chuveiro elétrico e apenas 27% utilizavam aquecedor solar para água. Esses dados mostram um bom potencial para reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência energética nessas residências.

2.8. Tipologia Arquitetônica

A tipologia arquitetônica auxilia com soluções simples, mas com resultados positivos para a sustentabilidade do planeta evitando mudanças climáticas e escassez de água, pois está diretamente relacionada à eficiência energética de uma residência, sem deixar de se preocupar com o conforto térmico, a iluminação e racionalização do uso da água.

Pequenos cuidados na construção residencial podem combater o desperdício de energia elétrica. De acordo com Papst et al. (2005), uma edificação é mais eficiente energeticamente que outra, quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto com menor consumo de energia.

A iluminação artificial com auxílio da luz natural pode melhorar a eficiência energética, principalmente se as projeções das janelas e suas dimensões forem ideais. Em uma residência, as janelas podem ser responsáveis por grande parte da troca de calor entre o meio externo e interno. Ghisi et al. (2005) disseram: “Janelas amplas podem proporcionar níveis mais altos de iluminação natural e melhor vista para o exterior, mas também podem permitir maiores ganhos ou perdas de calor, o que refletirá no consumo de energia de edificações condicionadas artificialmente”.

Segundo Maciel (2002), o desperdício de energia em alguns edifícios de escritórios na cidade de Brasília-DF provém de projetos elaborados preocupados apenas com as questões urbanísticas e arquitetônicas, visando à beleza da edificação, deixando de lado fatores importantes como o clima da cidade. É comum em Brasília e em outras cidades a utilização de amplas superfícies de vidro, provocando no interior das edificações o

efeito estufa. Este comportamento aumenta a necessidade de condicionamento artificial de ar, gerando alto gasto de energia elétrica e insalubridade dos ambientes.

Para Lamberts (1989), a cobertura é o principal meio para reduzir a transmitância térmica da radiação solar transmitida para o interior da edificação. O desempenho térmico da cobertura depende do clima e do material utilizado. A condutividade térmica e a espessura do material definem o fluxo de calor que passa através da cobertura determinando a quantidade de calor armazenado nela e posteriormente liberado para o ambiente. Além disso, a quantidade de radiação solar incidente em uma edificação pode ser diminuída com a presença de prédios vizinhos ou vegetação que ocasionam sombra na edificação.

Para Vittorino et al. (2003), telhados sem forros irradiam todo o seu calor para o ambiente interno. Os forros agem como blindagem térmica, isolando o ambiente tanto do frio como do calor externo.

Neste item foi possível verificar como a tipologia arquitetônica influencia indiretamente o consumo de energia elétrica. A escolha do material de construção civil e a presença de forro, de janelas bem dimensionadas e de cobertura vegetal na vizinhança são exemplos de como construir visando uma maior eficiência energética.

2.9. Influência das Condições Climáticas no Uso Final de Energia Elétrica

As condições climáticas influenciam diretamente no consumo de energia elétrica. Edificações projetadas para receber boa ventilação e proteção da radiação térmica, além de proporcionar maior conforto reduzem o consumo de energia elétrica (CARDOSO, 2006).

Segundo Ghisi et al. (2007), o consumo de energia elétrica de chuveiro e ar condicionado é sensível às condições climáticas. Esta pesquisa, referente ao período de 1997 a 1999, revelou que o consumo de energia elétrica, no verão, de ar condicionado representa 16% do consumo total de uma residência, enquanto no inverno correspondeu a 2%. Já o chuveiro foi responsável por 18% do consumo total no verão e 22% no inverno. Ao correlacionar a latitude com o uso final de chuveiro elétrico notou-se que quanto menor a latitude (temperaturas mais baixas) maior o consumo de energia elétrica

deste equipamento (Figura 2.7). O ar condicionado atuou inversamente, quanto maior a latitude maior o consumo (Figura 2.8).

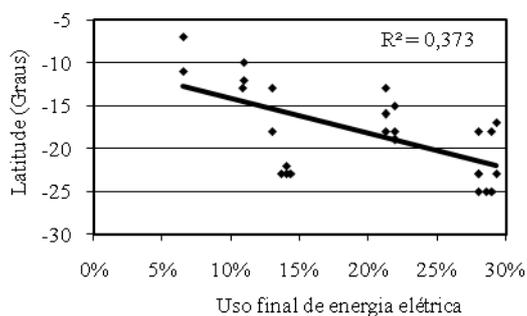


Figura 2.7. Correlação entre latitude e o uso final de chuveiro elétrico no verão.

Fonte: Ghisi et al. (2007).

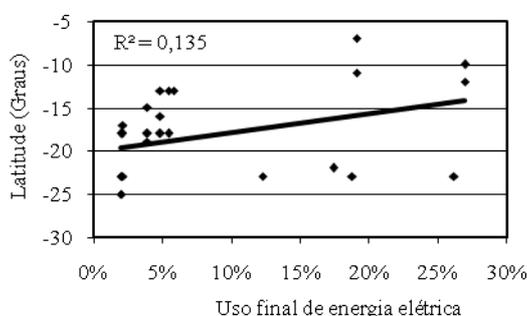


Figura 2.8. Correlação entre latitude e o uso final de ar condicionado no verão.

Fonte: Ghisi et al. (2007).

2.10. Considerações Finais

Nesse capítulo de revisão bibliográfica foram analisados trabalhos já existentes sobre o consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro e mundial, além de apresentar as variáveis que influenciam o uso final de energia como a tipologia arquitetônica e o clima.

3 .METODOLOGIA

O banco de dados utilizado neste trabalho, para estimar os usos finais de energia, foi elaborado e cedido pelo PROCEL e consiste em um conjunto de informações de uma pesquisa realizada em todo o país. Em 284 cidades (localizadas no mapa da Figura 3.1), distribuídas em 18 estados, administradas por 21 concessionárias, 5625 moradores (apenas um por residência) responderam a um questionário sobre posses e hábitos de uso de aparelhos eletrônicos em seus domicílios. A distribuição do número de amostra por estado encontra-se na Tabela 3.1. O questionário contém informações do quadro econômico-social, aspectos construtivos, hábito (horas de uso por mês) e posse de equipamentos nas residências brasileiras. São abordados, na mesma residência, até três aparelhos semelhantes, não necessariamente da mesma potência (exceto o televisor que apresentava cinco opções). Foi contabilizada a soma das horas de uso destes aparelhos como sendo o consumo total no domicílio.

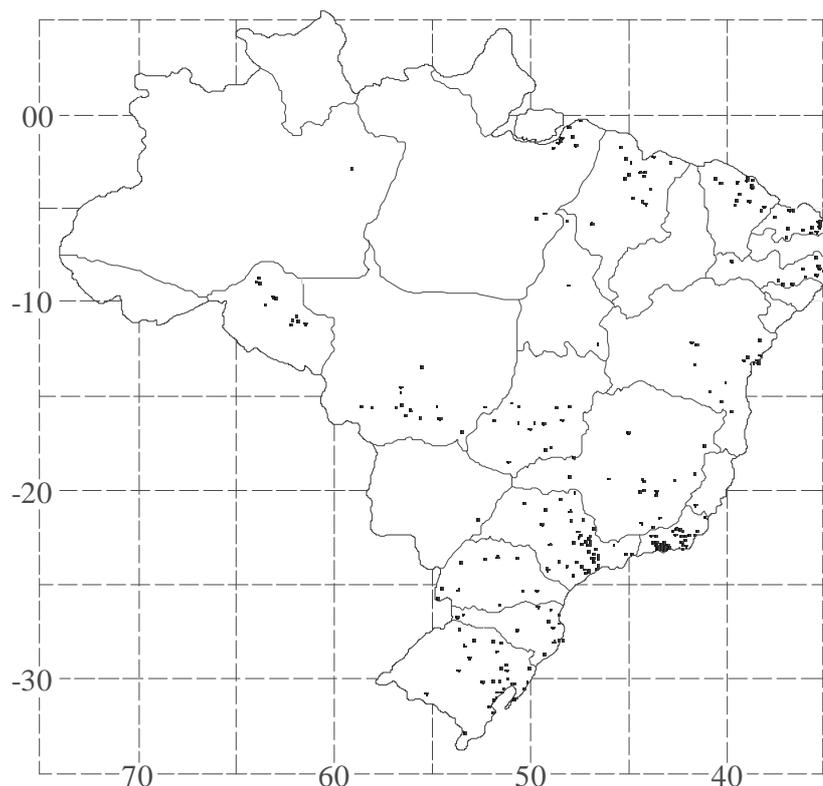


Figura 3.1. Mapa do Brasil com a localização das 284 cidades incluídas na base de dados.

Tabela 3.1. Número de amostras presentes no banco de dados por estado.

Número de Amostra por Estado			Número de Amostra por Estado		
Região	Estado	Número de Amostras	Região	Estado	Número de Amostras
Norte	AM	150	Sudeste	MG	363
	PA	400		RJ	537
	RO	100		SP	1168
	Total	650		Total	2068
Nordeste	BA	400	Centro-Oeste	DF	88
	CE	202		GO	440
	MA	145		MS	10
	PE	299		MT	161
	RN	100		TO	25
	Total	1146		Total	724
Sul	PR	391	Total Geral		5625
	RS	382			
	SC	264			
	Total	1037			

3.1. Separação das Amostras

No Brasil, devido ao seu extenso território, pode-se observar uma vasta diversidade climática e geográfica. Considerando que essas variações podem interferir no consumo de energia, o estudo foi realizado em três diferentes divisões: regiões geográficas, Zonas Bioclimáticas e Subzonas. Essas divisões foram realizadas com o objetivo de buscar um padrão ou semelhança no consumo de energia elétrica no território brasileiro.

O banco de dados foi fornecido pelo PROCEL com as amostras previamente separadas pelas regiões geográficas (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste). Uma segunda separação foi determinada levando em consideração a classificação bioclimática das sedes dos municípios brasileiros conforme a norma NBR 15220 (ABNT, 2005). Essa separação foi determinada com o auxílio do programa ZZBR (RORIZ, 2004). O programa proporciona a devida localização das cidades em cada Zona Bioclimática.

Para encontrar resultados mais específicos onde o consumo de energia tivesse uma menor variação entre as cidades de uma Zona Bioclimática, foi realizada uma nova divisão, onde o território nacional foi dividido em 29 partes, chamadas de Subzonas.

Cada Zona Bioclimática foi analisada individualmente, onde se classificaram as cidades em pequenos grupos, com características geográficas parecidas. As características geográficas que determinaram as Subzonas foram: a altitude (considerando que quanto mais alta a cidade menor é a temperatura) e a proximidade das cidades (caracterizando a semelhança dos hábitos culturais e do consumo de energia).

O primeiro critério de separação das cidades em Subzonas foi a altitude da cidade e a proximidade que estas se encontram, assim, cidades que apresentaram características semelhantes foram agrupadas. Por último, foi realizada uma nova comparação e as cidades com consumo de chuveiro semelhante foram unidas. Foi analisado o consumo de chuveiro elétrico porque este equipamento apresenta variação no hábito de uso e na potência empregada de acordo com o clima da região.

3.2. Informações Sócio-Econômicas

Ao mesmo tempo em que o banco de dados contém respostas sobre hábitos de uso de eletrodomésticos, também aborda informações sócio-econômicas das amostras. As amostras referem-se a residências que podem ser casas ou apartamentos. Essas informações abrangem para cada amostra, a renda familiar mensal, a quantidade de moradores, os aspectos construtivos do domicílio, a quantidade de eletrodomésticos, entre outras informações.

Esses dados foram trabalhados em forma de média e porcentagem do total para cada região. Com relação à renda familiar mensal, a amostra contém as respostas dadas para os valores fixos de: “menos que um salário mínimo”, “um a dois salários”, “três a quatro salários”, “quatro a cinco salários”, “cinco a sete salários”, “sete a dez salários” e “maior que dez salários”. Com esses valores, foi estimada uma porcentagem de participação de cada alternativa para cada região. A quantidade de moradores por residência está especificada no relatório e para comparações com o resultado obtido no estudo, foi feita uma média para cada região.

Os dados referentes a aspectos construtivos utilizados no estudo informam se a amostra é uma casa ou apartamento, a área construída, o tipo de cobertura, de forro, de parede e revestimento da parede. Foi estimada a participação em porcentagem do total dessas características para cada região estudada.

Os tipos de aquecimentos de água nas residências foram estimados de forma semelhante aos aspectos construtivos. Para cada tipo de aquecimento (“elétrico”, “a gás”, “solar”, “outros” e “não sabem”), foi estimada a participação do total de cada tipo de aquecimento para as cinco regiões.

Os resultados serão apresentados no capítulo 4, comparando o consumo entre as regiões com seus aspectos sócio-econômicos.

3.3. Obtenção da Potência e Tempo de Uso Mensal

Com fim de obter a potência e o tempo de uso para cada equipamento iniciou-se um estudo do questionário aplicado pelo PROCEL. Para estimar os valores de tempo de uso dos aparelhos foi necessário fazer uma planilha adaptada para cada um deles, pois o hábito de uso dos aparelhos eletrônicos em uma residência em muitos casos é diferenciado. Por exemplo, um televisor pode ter mais uso em finais de semana se comparado com os dias úteis devido à maior ou menor permanência dos moradores em casa. Já os refrigeradores e freezers foram considerados ligados ou desligados todos os dias do mês.

Os próximos itens demonstram a metodologia utilizada para obter as potências e para estimar o tempo de uso dos eletrodomésticos avaliados.

3.3.1. Potências

O banco de dados contém as potências apenas de chuveiros, ar condicionado e das lâmpadas. Para os demais aparelhos, as potências foram obtidas através de pesquisa nos sites dos fabricantes, pois o banco de dados possui a marca e o modelo de cada equipamento.

3.3.2. Tempo de Uso Mensal

Para cada equipamento o questionário é adaptado de forma a abranger as características de uso ao longo de um dia (para alguns aparelhos houve diferenciação entre dia útil e final de semana). A fim de estabelecer um padrão, o tempo de uso dos aparelhos foi sempre estimado em base mensal. Nos próximos itens, segue o método utilizado para estimar o tempo de uso mensal para cada equipamento.

3.3.2.1. Iluminação

Com relação às lâmpadas utilizadas nos domicílios, o questionário abordou oito tipos de cômodo e o modelo das lâmpadas. As lâmpadas foram agrupadas em: incandescentes (25W, 40W, 60W, 100W e 150W), fluorescentes (20W, 40W, fluorescentes tubulares até 15W e maiores que 15W e fluorescentes compactas) e outras (dicrónica e lâmpadas classificadas como outras no banco de dados). O dados do questionário referem-se a no máximo quatro quartos, três banheiros, um corredor, uma copa/cozinha, uma área de serviço, uma garagem, uma área externa e um cômodo classificado como “outros” de cada amostra analisada. Foi obtida a quantidade de lâmpadas com as respectivas potências e o tempo que ficaram acesas (em horas por dia) em cada cômodo. A multiplicação do número de lâmpadas (separadas por suas respectivas potências) pela quantidade de horas acesas forneceu o tempo de utilização diário das lâmpadas em cada residência. Este dado foi multiplicado por trinta para obtenção do consumo mensal.

3.3.2.2. Refrigerador e Freezer

Para o cálculo do tempo de uso destes dois aparelhos, têm-se como alternativas de respostas no banco de dados: “uso permanente”, “uso parte do dia”, “só ligado eventualmente” e “desligado”. Foi contabilizado “uso permanente” e “uso parte do dia” como sendo de utilização constante (sem desligamento do equipamento durante todo dia). As outras duas opções foram desconsideradas, como não consumindo eletricidade.

3.3.2.3. Ar Condicionado

Com relação ao uso de aparelhos de ar condicionado, as respostas do questionário estavam diferenciadas em três grandes grupos: verão, ameno e inverno. O morador determinou o tempo de uso deste equipamento na residência em cada estação do ano.

O consumo no clima ameno não foi estimado por não haver a definição da época do ano a que esse clima se refere e por não haver dados de outros equipamentos para comparar o resultado. Nestas condições, os dados foram separados em uso no verão e uso no inverno. No banco de dados, a forma de avaliação das horas de uso do ar condicionado foi feita seguindo quatro opções de respostas fixas, “seis dias por semana”, “oito dias por mês”, “dois dias por mês” e “menos de dois dias por mês”. Essa última resposta foi desconsiderada nas análises deste trabalho, pois não especificava quanto tempo a menos que dois dias o equipamento foi utilizado.

Junto com a quantidade de dias de uso do equipamento, a amostra continha as horas de utilização diária. A quantidade de uso por mês, para cada amostra, foi calculada pela multiplicação das horas de uso pela quantidade de dias de utilização do equipamento. O Apêndice I contém a conversão das potências do ar condicionado de BTUs para Watts, pois a base de dados apresenta as potências em BTUs.

3.3.2.4. Televisor

Com relação ao uso dos televisores, o morador especificou a quantidade de horas de utilização do equipamento em dias úteis e nos finais de semana. O número médio de horas diárias foi obtido por meio de média ponderada, considerando cinco dias úteis e dois dias de finais de semana. O resultado foi multiplicado por 30 para ter as horas de uso por mês.

3.3.2.5. Chuveiro

Este equipamento tem algumas particularidades, pois cada pessoa tem um tempo de banho diferenciado. O questionário teve quatro alternativas fixas como opções de respostas: “até 10 minutos”, “de 10 a 20 minutos”, “mais de 20 minutos” e “não sabe”. Para essas respostas o relatório utilizou os respectivos valores: 0,17 horas, 0,25 horas, 0,40 horas e zero horas. Estes tempos expressam uma média equivalente para todos que moram na residência, pois o questionário foi respondido por um único morador, conforme mencionado anteriormente. As amostras também continham a quantidade de banhos por dia no domicílio. O tempo total de utilização deste equipamento em cada residência foi obtido pelo produto entre a quantidade de banhos e a alternativa de tempo médio indicada pelo morador. Esse resultado foi multiplicado por trinta para se obter o tempo total de uso do chuveiro em cada domicílio em um mês.

3.3.2.6. Outros Equipamentos

A pesquisa de campo levantou o hábito de uso dos aparelhos mais utilizados em uma residência: aparelho de som, micro computador, ferro elétrico, lavadora de roupas, lavadora de louça, secadora de roupa, forno microondas, forno elétrico, torneira elétrica. O morador especificou a quantidade de horas de uso de cada um desses aparelhos em um dia. A multiplicação do somatório de horas diária pela quantidade de dias utilizados no mês forneceu o tempo de uso mensal. Os dados da potência desses aparelhos foram retirados do site do PROCEL (PROCEL, 2008) em forma de uma média estimada para cada equipamento. Este procedimento foi adotado por não estar especificado no questionário o modelo destes aparelhos.

3.4. Cálculo do Consumo de Energia Elétrica Mensal e Diário por Residência

O consumo de energia elétrica de cada equipamento foi estimado para todas as regiões geográficas brasileiras, Zonas Bioclimáticas e Subzonas separadamente por meio da Equação 3.1. O consumo total para cada residência foi obtido somando-se o consumo individual de cada equipamento.

$$C=P*t \quad \text{(Equação 3.1)}$$

Onde:

C é o consumo do equipamento (kWh);

P é a potência do equipamento (kW);

t é o tempo de utilização do equipamento (h).

O consumo de energia elétrica será analisado e comparado entre cada região geográfica, Zona Bioclimática e Subzona a fim de apontar as diferenças existentes entre cada parte dessas divisões. Também serão comparados esses valores com a posse de equipamentos, a renda familiar, tipo de aquecimento de água de banho e número de moradores por residências buscando explicações para os resultados obtidos.

Esta pesquisa realizou a separação das residências nos seguintes intervalos de consumo de energia elétrica: 0-50 kWh/mês, 51-100 kWh/mês, 101-200 kWh/mês, 201-300 kWh/mês, 301-500 kWh/mês e mais de 500 kWh/mês. Estas separações serviram para

comparar a porcentagem de residências dentro de cada intervalo determinado pela estimativa desta pesquisa e os valores de consumo real cedidos pelas concessionárias.

3.4.1. Consumo de Energia Elétrica por Aparelhos em *Standby*

Standby significa que o equipamento está em repouso (pronto a trabalhar), mas continua a consumir energia (EDP, 2008). O consumo de energia elétrica por *standby* tem uma participação considerável no uso final de energia de uma residência. Este relatório visa estimar o consumo de energia elétrica utilizando as informações do banco de dados para o cálculo do consumo dos aparelhos em *standby*.

O banco de dados apresenta informações sobre o hábito de uso dos equipamentos em *standby*. Se a residência apresenta equipamentos que estejam nessas condições, foi considerado, como tempo de permanência em *standby*, o tempo em que ele não estava ligado em funcionamento normal. A potência de cada equipamento em *standby* não está especificada no relatório e foi obtida através do site de FURNAS Centrais Elétricas S.A. (FURNAS, 2008). Esses valores foram conferidos em condições reais de uso em residências em Florianópolis. As medições foram realizadas com um medidor portátil de consumo de energia elétrica (MCP5000 *Portable Power Meter*) fabricado pela Yokogawa. Foi medido o consumo de energia elétrica para três marcas diferentes de cada equipamento em *standby*, por um período de doze horas. O somatório do consumo dos aparelhos em *standby* foi feito seguindo o mesmo método de um equipamento comum. A estimativa do consumo em *standby* foi realizada apenas para televisores, computadores, forno microondas e aparelhos de som, pois somente esses aparelhos foram considerados no levantamento de *standby* da base de dados.

3.5. Usos Finais de Energia Elétrica

Considerando-se o somatório do consumo dos aparelhos e as amostras agrupadas tanto pelas regiões geográficas quanto por zonas bioclimáticas, foi calculada a porcentagem de participação do consumo total de cada equipamento para cada uma das regiões geográficas e zonas bioclimáticas. Esse valor foi encontrado fazendo-se o cálculo do somatório do consumo de cada equipamento em relação ao somatório do consumo de todos os aparelhos.

O consumo de energia elétrica de *standby* foi considerado como sendo de um equipamento normal, ou seja, o consumo do *standby* está representado como uma parcela no somatório do consumo de todos os aparelhos.

A porcentagem de consumo de energia elétrica que um equipamento representa do consumo total foi calculada através da Equação 3.2.

$$Pa = (\sum Ca / \sum Ct) * 100 \quad (\text{Equação 3.2})$$

Onde:

Pa é o uso final de energia elétrica de cada equipamento (%);

$\sum Ca$ é o somatório do consumo de energia elétrica de um tipo de equipamento (kWh/mês);

$\sum Ct$ é o somatório do consumo total de energia elétrica (kWh/mês).

Foi realizado o mesmo cálculo de uso final para residência dentro de cada intervalo de consumo de energia elétrica estimado por esta pesquisa. Os intervalos são: 0-50 kWh/mês, 51-100 kWh/mês, 101-200 kWh/mês, 201-300 kWh/mês, 301-500 kWh/mês e mais de 500 kWh/mês.

3.6. Intervalo de Confiança

Para estimar o intervalo de confiança será verificado se a amostra apresenta uma distribuição normal. Este teste será realizado através do método de Kolmogorov-Smirnov. O teste é baseado na maior diferença absoluta ($D_{\text{máx}}$) entre a função de distribuição normal acumulada e a frequência relativa observada acumulada. A amostra é normal se $D_{\text{máx}}$ for menor que o valor crítico tabelado (D_t). O valor crítico tabelado, para amostras maiores de 100, é obtido pela Equação 3.3 (FAMAT, 2009).

$$D_t = [- \ln (0,5 \alpha) / 2n]^{1/2} \quad (\text{Equação 3.3})$$

Onde:

D_t é o valor crítico tabelado;

α é a significância estabelecida;

n é o tamanho da amostra.

Se verificada esta hipótese, será estimado um intervalo de confiança para cada uso final. Tal estudo será realizado com o intuito de mostrar o valor da participação dos aparelhos

no consumo residencial, em porcentagem, junto com um intervalo probabilístico. Esses valores serão calculados para um nível de confiança de 95%.

O método aplicado no cálculo seguirá a Equação 3.4 onde serão calculados os intervalos de confiança referentes ao valor do consumo de energia elétrica para cada equipamento estudado.

$$Ic = \bar{x} \pm 1,96 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \quad (\text{Equação 3.4})$$

Onde:

Ic é o intervalo de confiança (kWh/mês);

σ é o desvio padrão (kWh/mês);

\bar{x} é a média do consumo do equipamento em todas as residências (kWh/mês);

n é a quantidade de residências;

1,96 é uma constante obtida através da tabela de constantes “ t ” de Student com um nível de confiança de 95%.

O intervalo de confiança encontrado será transformado em porcentagem utilizando-se a Equação 3.5.

$$Ic\% = (Ic / \sum Mt) * 100 \quad (\text{Equação 3.5})$$

Onde:

$Ic\%$ é o valor do intervalo de confiança em porcentagem;

Ic é o intervalo de confiança;

$\sum Mt$ é o somatório de todas as médias de consumo de energia elétrica dos aparelhos.

3.7. Correlação

Será analisada a correlação da média do consumo de energia elétrica e usos finais de cada cidade envolvida na pesquisa com as variáveis que de alguma forma influenciam nestes valores. Essas variáveis são: número de pessoas por residência, renda familiar e latitude. Portanto, nos gráficos, cada ponto representa uma cidade incluída neste trabalho, com exceção da latitude, pois quando encontrada mais de uma cidade com a mesma latitude, foi feita a média aritmética.

4 . RESULTADOS

4.1. Introdução

Apresentam-se neste capítulo os resultados da pesquisa divididos em duas frentes de estudo: a análise do consumo residencial por regiões geográficas brasileiras e por zonas bioclimáticas.

Foi estudado os usos finais de energia no setor residencial brasileiro considerando os seguintes equipamentos: refrigerador, freezer, ar condicionado, televisor, iluminação, aparelho de som, micro computador, ferro elétrico, lava roupa, lava louça, secadora de roupa, forno microondas, forno elétrico e torneira elétrica. Para melhor avaliar as influências sobre o consumo foram analisados também os tipos de componentes construtivos dessas residências e o consumo em *standby* destes aparelhos, pois influenciam no consumo de energia elétrica de uma residência.

Esta pesquisa envolveu 284 cidades, localizadas em 18 estados brasileiros além do Distrito Federal, correspondendo assim a 85,5% do território e 92% da população, abrangendo as cinco regiões brasileiras (Figura 4.1). Devido à grande extensão territorial, cada região possui características peculiares e diferem entre si em muitos aspectos tais como clima, renda familiar, grau de escolaridade e aspectos culturais.

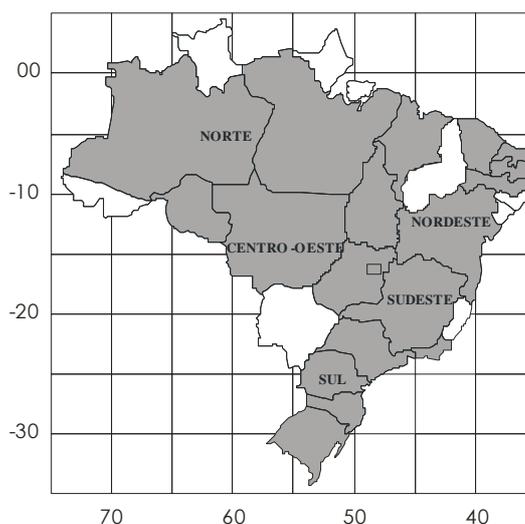


Figura 4.1. Mapa do Brasil com indicação dos dezoito estados considerados na pesquisa.

4.2. Usos Finais de Energia Elétrica por Região Geográfica

4.2.1. Fatores Geográficos e Sócio-econômicos

O consumo de energia elétrica é determinado por vários fatores dentre eles o clima e a condição econômica da população. A Figura 4.2 relaciona quanto cada região ocupa do território brasileiro, a população no ano de 2007 e o consumo de energia domiciliar entre as regiões. A região Sudeste, que ocupa apenas 11% do território e tem 42% da população brasileira, é a região que mais consome energia no Brasil. No inverno, metade da energia para fins residenciais produzida no Brasil é consumida no Sudeste, e aproximadamente 40% no verão. Apesar de ser a região que mais consome energia elétrica, ela não apresenta os maiores índices de consumo por residência, como observado na Figura 4.3.

A Figura 4.3 apresenta a renda familiar (salário mínimo de 300 reais em 2005), a média do consumo diário por residência no verão e inverno e o número de pessoas por residência em cada região brasileira. Nota-se que a região Sul, a partir da base de dados, é a região que mais consome energia elétrica por residência tanto no verão quanto no inverno, mesmo sendo a região com menos moradores por residência. Uma das justificativas é que na região Sul, de acordo com a pesquisa, é onde se encontram as maiores rendas familiares. A região Norte apresenta o menor consumo de energia elétrica por residência.

Todas as figuras deste capítulo, cuja fonte não for citada, são provenientes dos estudos realizados com a base de dados fornecida pela Eletrobrás/PROCEL.

A Tabela 4.1 apresenta o número médio de moradores por residência nas cinco regiões brasileiras, destacando-se o Norte como a região em que se tem maior quantidade de pessoas. A Tabela 4.2 mostra o consumo residencial médio por mês nas regiões geográficas do Brasil. Verifica-se que o Sul apresenta o maior consumo.

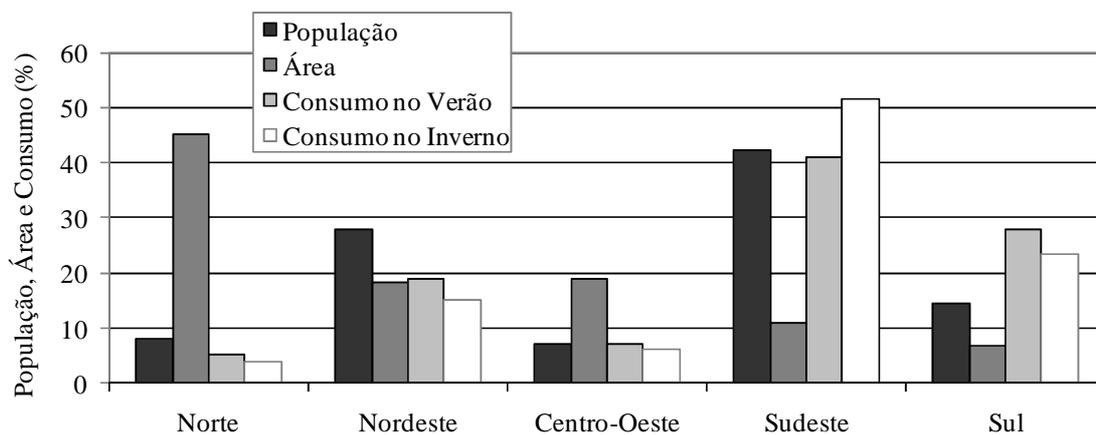


Figura 4.2. Porcentagem de área territorial, população e consumo de energia por região geográfica do Brasil.

Fonte: adaptado de IBGE (2007) para população e área territorial das regiões brasileiras; Eletrobrás/PROCEL (2005) para consumo elétrico.

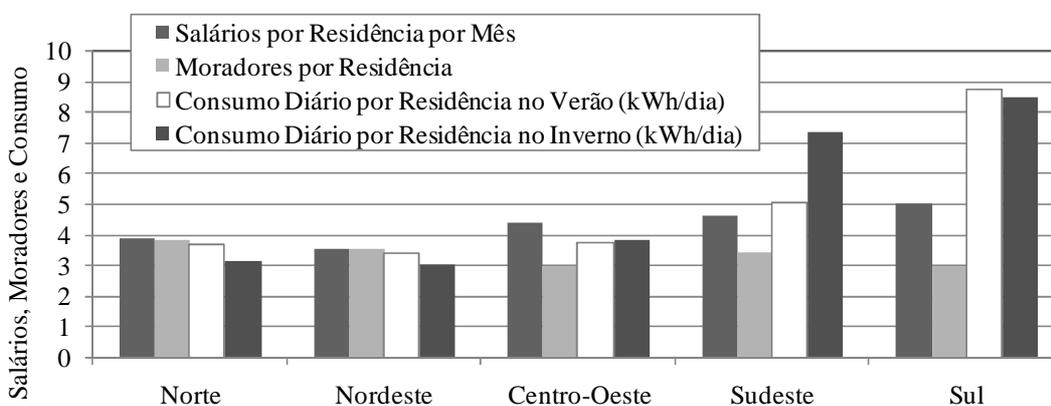


Figura 4.3. Renda familiar, número de moradores por residência e consumo de energia por residência.

Pode-se observar nas Tabelas 4.1 e 4.2 algumas diferenças entre os valores obtidos pelo IBGE e os estimados a partir dos dados fornecidos pelo PROCEL. A variação na Tabela 4.1 deve-se principalmente ao tamanho da amostra pesquisada, já que para o IBGE foram abrangidas 142471 unidades domiciliares, enquanto pelo PROCEL, 5625 unidades; considerando-se assim os dados do IBGE mais precisos. Além da diferença quanto à amostragem, à precisão dos valores obtidos através da estimativa do consumo de energia neste trabalho, já que o padrão de uso de equipamentos não era precisamente definido.

Nas regiões Norte e Nordeste, a maioria das residências possui renda familiar de até 2 salários mínimos, como mostra a Figura 4.4. A Região Sul é a que possui a maior porcentagem de casas com maiores rendas. Esse fator pode ser considerado como uma

Tabela 4.1. Número médio de moradores por residência em cada região geográfica em 2005.

Número de Moradores por Residência					
Fonte	Número médio de moradores por residência				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
IBGE (2007)	4,0	3,8	3,4	3,3	3,2
Eletrobrás/PROCEL (2005)	3,8	3,5	2,9	3,4	3,0

das justificativas do alto consumo residencial nesta região. A segunda região que mais consome energia é a Sudeste, que também fica em segundo lugar quanto ao rendimento familiar, de acordo com a pesquisa.

Tabela 4.2. Consumo mensal médio por residência em cada região geográfica em 2005.

Consumo de Energia Elétrica por Residência (kWh/mês)					
Fonte	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
IBGE (2007)	109,2	97,1	153,8	159,9	162,0
Eletrobrás/PROCEL (2005)	88,8	97,0	108,9	169,8	267,2

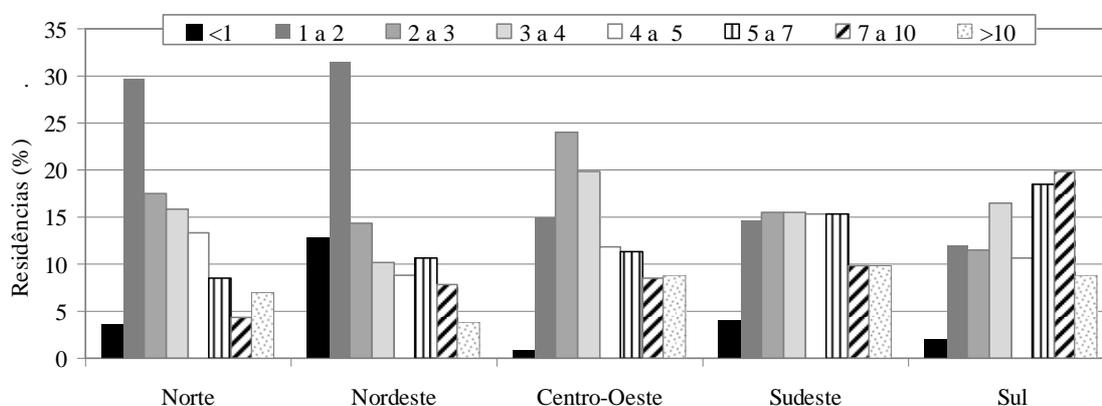


Figura 4.4. Renda familiar em número de salários por residência.

Segundo a pesquisa, em todo o Brasil, a maioria das residências é do tipo casa, passando de 80% em todas as regiões. A maior parte dos edifícios residenciais localiza-se nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, sendo 19%, 17% e 16%, respectivamente, como mostra a Figura 4.5. A maioria das residências tem área construída entre 51m² e 75m², como se pode perceber na Figura 4.6. As residências com menos de 50m² de área construída estão localizadas nas regiões Norte e Sudeste.

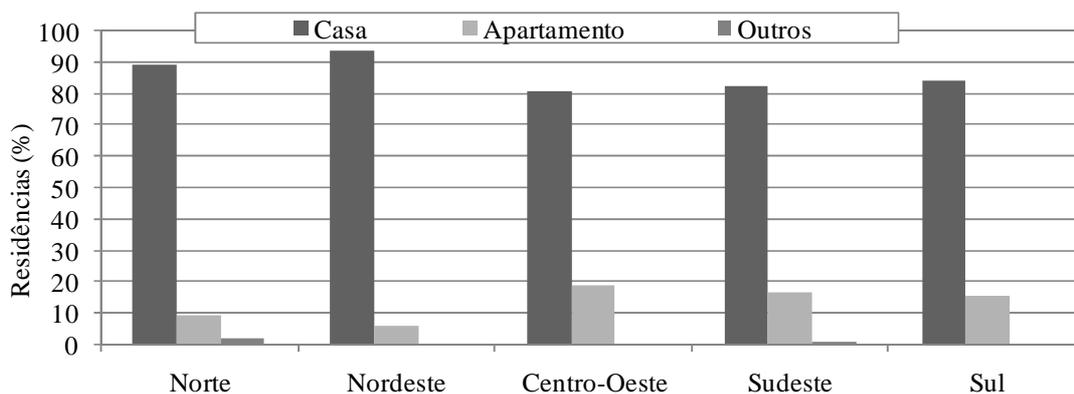


Figura 4.5. Porcentagem de tipo de residências de acordo com a região geográfica.

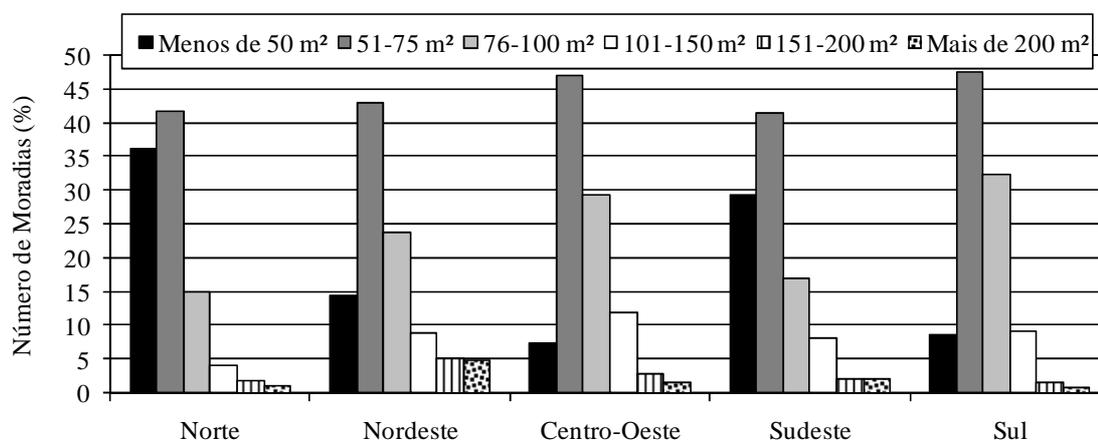


Figura 4.6. Distribuição de área construída das residências de acordo com a região geográfica.

4.2.2. Componentes Construtivos

A incidência de sol na residência, a ventilação, o tipo de material empregado na construção são alguns fatores que influenciam o uso de ar condicionado, que era responsável por 10% do consumo residencial de energia elétrica em 1997, segundo Ghisi et al. (2007). O banco de dados contém informações específicas de componentes construtivos da residência (tipo de parede, tipo de cobertura, forro, piso e proteção contra o sol nas janelas). Não fica claro no banco de dados se o forro é usado em toda a residência ou apenas em alguns cômodos.

A Tabela 4.3 relaciona a quantidade de residências que usam o aparelho de ar condicionado. Esta análise revela que este aparelho é pouco utilizado nas residências brasileiras, exceto na região Sudeste, onde mais de 16% das residências utilizam este equipamento.

Tabela 4.3. Quantidade de residências em que se utiliza aparelhos de ar condicionado.

Regiões	Quantidade de residências		
	Total	Usam Ar Condicionado	
		Unidades	(%)
Norte	725	20	2,8
Nordeste	1150	72	6,4
Centro-Oeste	650	43	6,6
Sudeste	2100	34	16,2
Sul	1000	55	5,5

Nas próximas Figuras será analisada a variação do consumo total de energia elétrica das residências que utiliza ou não o ar condicionado em relação as diferentes combinações de cobertura e forro residenciais. Na Figura 4.7 observa-se que em todo o território nacional são poucos os casos em que as residências possuem cobertura apenas de laje de concreto sem nenhum tipo de forro. Pode-se observar que apenas na região Sudeste, não se utiliza ar condicionado em nenhuma das residências abordadas pela pesquisa. Nota-se uma grande variação no consumo total de energia elétrica das residências que não utilizam e que utilizam este equipamento, sobretudo nas regiões Centro-Oeste e Sul.

A maioria das residências da região Sul apresenta cobertura de laje de concreto com forro de plástico. Na Figura 4.8 observa-se que o consumo médio de energia elétrica nas residências que utilização o ar condicionado é consideravelmente maior do que as que não utilizam esse aparelho. Na região Sul, por exemplo, o consumo aumentou de aproximadamente 300 kWh/mês para 610 kWh/mês.

A cobertura composta por laje de concreto com forro de madeira é a combinação mais utilizada na região Sudeste, com aproximadamente 25% das residências desta região, segundo a Figura 4.9. Nas regiões Norte e Centro-Oeste nenhuma das residências com esse tipo de cobertura e forro utilizam o ar condicionado. Nas regiões Nordeste e Sudeste o consumo das residências que utilizam este aparelho praticamente dobrou.

A Figura 4.10 mostra as residências que possuem telha de barro e não utilizam nenhum forro. Este tipo de cobertura é pouco utilizadas em todo o país. Segundo esta pesquisa, as regiões Norte e Sul não utilizam o ar condicionado nas residências com esse tipo de cobertura.

A Figura 4.11 mostra que a combinação de telha de barro com forro de plástico é uma das combinações mais utilizadas no país. É a cobertura mais utilizada na região Centro-Oeste e a segunda mais utilizada nas demais regiões, com aproximadamente 47%, 18%, 25%, 20% e 33% de casos, respectivamente, nas regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste, Sudeste e Sul.

A Figura 4.12 mostra o caso de residências que utilizam cobertura composta por telha de barro com forro de madeira. Esta é a combinação de cobertura mais presente nas residências das regiões Norte e Nordeste. Neste caso, o consumo de energia elétrica total nas residências que utilizam o ar condicionado atinge uma média de aproximadamente 250 kWh/mês enquanto as residências que não usam esse aparelho consomem em média 100 kWh/mês, exceto as regiões Centro-Oeste e Sul.

A cobertura de telha de amianto sem a existência de forro é pouco utilizada em todo o Brasil e quando existente o uso do ar condicionado é nulo, como mostra a Figura 4.13. Esse baixo índice de uso de ar condicionado é provavelmente influenciado pelas rendas familiar; visto que a região Sudeste, maior índice de residências, é uma região de predomínio de clima quente durante boa parte do ano.

Segundo a Figura 4.14, que se refere às residências com cobertura composta por telha de amianto com forro de plástico, o ar condicionado é mais utilizado nas regiões Norte e Sul. O mesmo acontece no caso das residências cobertas por telha de amianto com forro de madeira, como mostra a Figura 4.15.

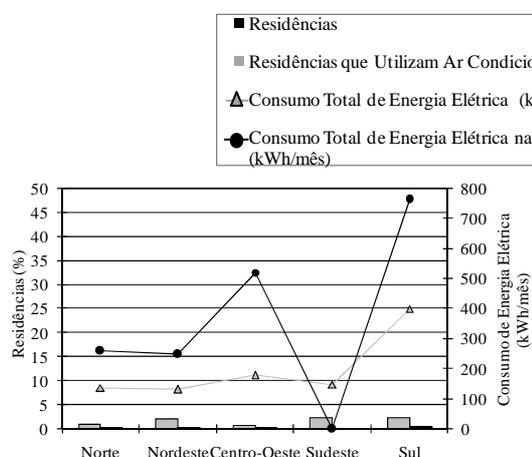


Figura 4.7. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com lajes de concreto e sem forro.

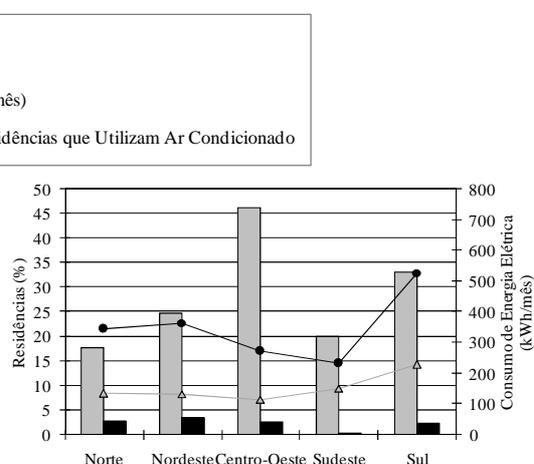


Figura 4.8. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com lajes de concreto e forro de plástico.

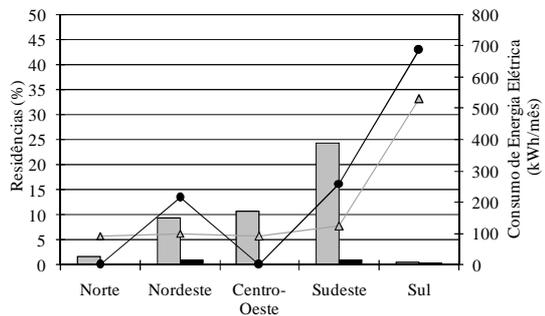
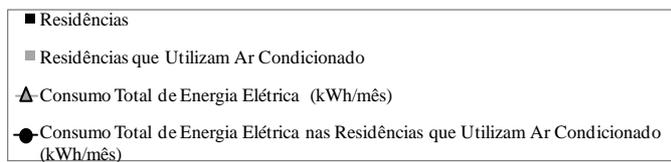


Figura 4.9. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com lajes de concreto e forro de madeira.

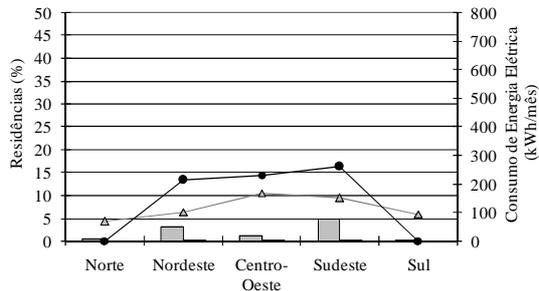


Figura 4.10. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de barro e sem forro.

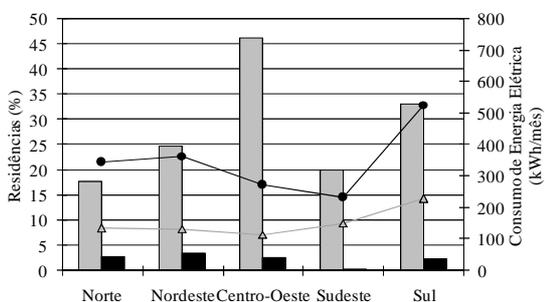


Figura 4.11. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de barro e forro de plástico.

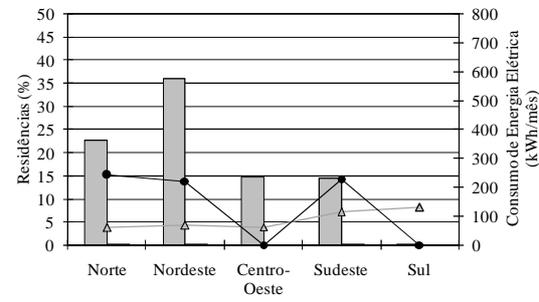


Figura 4.12. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de barro e forro de madeira.

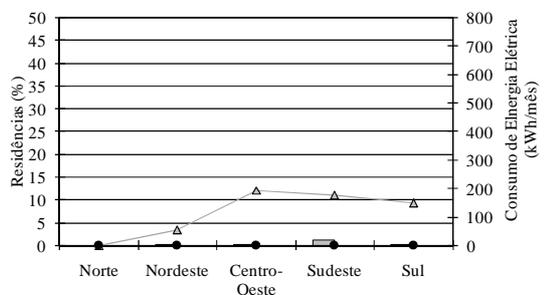


Figura 4.13. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de amianto e sem forro.

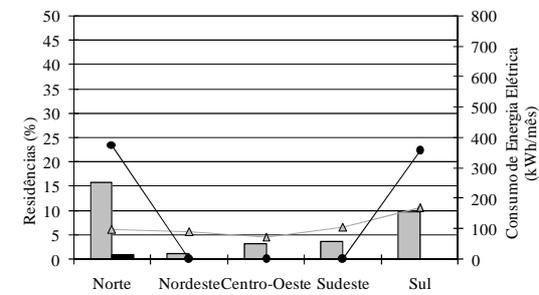


Figura 4.14. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de amianto e forro de plástico.

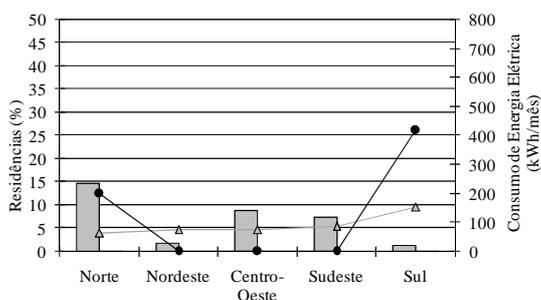


Figura 4.15. Porcentagem e consumo de energia elétrica das residências com telha de amianto e forro de madeira.

4.2.3. Posse de Equipamento

As Tabelas 4.4 e 4.5 mostram que os aparelhos de televisor e o refrigerador são os equipamentos mais comuns em residências brasileiras, presentes em aproximadamente 97% e 96% das residências, respectivamente. Observa-se que a região Sul apresenta a maior quantidade, por residência, de equipamentos abordados na pesquisa, bem como o maior índice de posse deles, dentre todas as regiões. A região Norte possui a maior média de aparelhos de ar condicionado por residência, e a região Sudeste, a maior média de refrigerador, como mostra a Tabela 4.4.

A Tabela 4.5 mostra a comparação da quantidade média de equipamentos por residência em cada região entre Ghisi et al. (2007) e este relatório, relacionados aos anos de 1998 e 2005, respectivamente. Nota-se um aumento do número médio da maior parte dos equipamentos por residência, mas a maior variação acontece com as lâmpadas fluorescentes, em todas as regiões. Observa-se uma diminuição do número médio de chuveiro elétrico por residência nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. Na região Centro-Oeste pode-se observar também uma diminuição de freezer, televisor e aparelho de som. Na região Sudeste há uma diminuição na quantidade de aparelhos de ar condicionado e na região Sul, de máquina de lavar roupas. Os dados não disponíveis foram preenchidos com “X”.

Tabela 4.4. Posse de equipamentos por residência.

Equipamentos	Posse de Aparelhos por Região Geográfica (%)					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Média
Refrigerador	93	93	97	96	99	96
Freezer	17	16	16	21	45	23
Chuveiro	4	30	91	84	99	62
Ar Condicionado	12	16	11	7	16	12
Televisor	97	95	95	97	99	97
Aparelho de Som	73	46	57	60	87	65
Computador	17	12	2	22	27	16
Ferro Elétrico	77	90	90	93	96	89
Lava Roupa	55	35	72	73	77	62
Lava Louça	1	1	3	4	13	4
Secadora	0	4	1	4	39	10
Forno Microondas	8	15	24	38	40	25
Forno Elétrico	1	2	7	9	10	6
Torneira Elétrica	0	0	0	2	1	1

Tabela 4.5. Comparação da quantidade média de equipamentos por residência em cada região nos anos de 1998 e 2005.

Equipamentos	Quantidade de equipamentos por residência											
	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		Média	
	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005
Refrigerador	X	0,95	0,78	0,95	0,92	1,01	0,92	1,11	0,87	1,01	0,87	1,00
Freezer	X	0,17	0,1	0,18	0,23	0,15	0,18	0,22	0,22	0,46	0,18	0,24
Ar Condicionado	X	0,6	0,06	0,19	0,06	0,14	0,11	0,09	0,03	0,25	0,07	0,19
Televisor	X	1,17	1,3	1,3	1,42	1,24	1,40	1,49	1,38	1,63	1,38	1,40
Som	X	0,47	0,74	0,75	0,92	0,60	0,73	0,73	0,76	0,90	0,79	0,69
Computador	X	0,13	X	0,18	X	0,26	X	0,23	X	0,27	X	0,21
Lava Roupa	X	0,55	0,14	0,35	0,74	0,73	0,49	0,73	4,18	0,77	1,39	0,62
Lâmpadas Incandescentes	X	1,78	1,65	2,77	2,17	3,72	1,95	4,65	0,1	2,18	1,47	3,02
Lâmpadas Fluorescentes	X	4,22	0,06	3,95	0,08	3,14	0,07	2,30	1,01	4,50	0,31	3,62
Chuveiro Elétrico	X	0,05	0,41	0,39	1,13	1,06	0,84	1,08	1,01	1,16	0,79	0,83

Fonte: Ghisi et al. (2007) para dados de 1998 e Eletrobrás/PROCEL (2005) para dados de 2005.

4.2.3.1. Iluminação

As lâmpadas fluorescentes diferem das incandescentes por possuírem a vida útil maior e menor consumo de energia elétrica. A Figura 4.16 mostra os tipos de lâmpadas, e a proporção em que são utilizadas nas cinco regiões brasileiras.

As lâmpadas foram agrupadas em incandescentes, fluorescentes, fluorescentes compactas e outras. Segundo a pesquisa, o uso de lâmpadas incandescentes ainda é excessivo, sobretudo nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Observa-se que a utilização de lâmpadas econômicas nas regiões Norte, Nordeste e Sul atinge números significativos, pois em cada uma dessas três regiões a posse de lâmpadas fluorescentes e fluorescentes compactas passou de 50%. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, aproximadamente 65% e 55%, respectivamente, das lâmpadas usadas em residências são incandescentes.

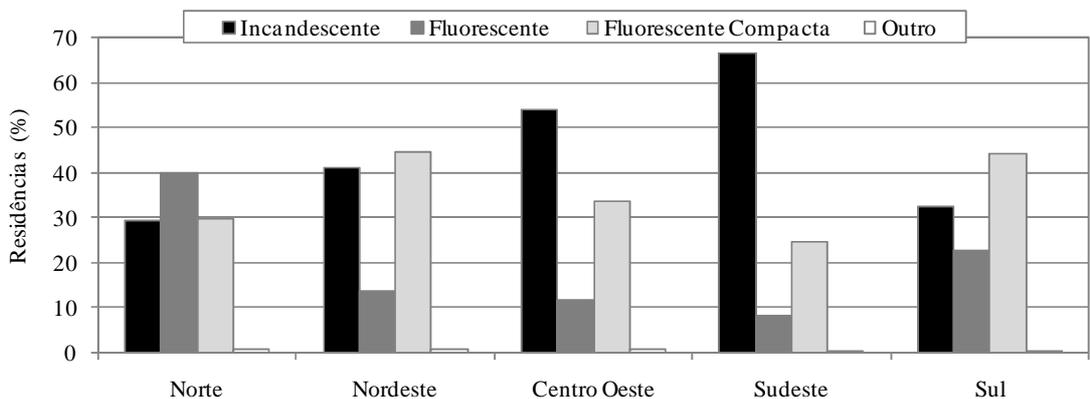


Figura 4.16. Distribuição da posse de lâmpadas por região.

A Tabela 4.6 apresenta a quantidade de lâmpadas média por residências para as cinco regiões geográficas brasileiras. Observa-se que no Brasil cada residência apresenta em média 3 lâmpadas incandescentes, 1 fluorescente e 2 fluorescente compactas. As regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentam a maior média (4 lâmpadas por residência) de lâmpadas incandescentes e as regiões Norte e Sul a menor média (2 lâmpadas por residência).

Tabela 4.6. Quantidade média de cada tipo de lâmpadas por residência para as cinco regiões brasileiras.

Região	Quantidade Média de Lâmpadas por Residência				Total de Lâmpadas
	Incandescentes	Fluorescente	Fluorescente Compacta	Outras	
Norte	2	3	1	0	6
Nordeste	3	1	3	0	7
Centro-Oeste	4	1	2	0	7
Sudeste	4	1	2	0	6
Sul	2	2	3	0	7
Brasil	3	1	2	0	7

4.2.3.2. Chuveiro elétrico

O aquecimento de água para banho é uma importante fonte de consumo de energia elétrica e é determinante na variação do consumo entre regiões. Portanto, a Figura 4.17 mostra os tipos de aquecimento de água para banho e suas porcentagens de uso em cada região. Verifica-se que nas regiões Norte e Nordeste a porcentagem de residências que não possuem aquecimento de água para banho é muito alta, 52% e 93%, respectivamente.

No Nordeste, que é uma região quente e a menos desenvolvida do Brasil, apenas 14% da população utiliza chuveiro elétrico e quase 80%, em média, não utiliza nenhum tipo de aquecimento para água de banho. Para as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste a utilização do chuveiro elétrico é muito freqüente onde 81%, 90% e 92% da população utilizam este equipamento para banho, respectivamente. A utilização de aquecimento a gás é baixa, mas na região Nordeste e Sudeste, respectivamente, cerca de 17% e 4% das pessoas utilizam este equipamento para aquecer a água para banho. O aquecimento solar ainda é pouco utilizado em todo o país. A Figura 4.18 mostra o tipo de aquecimento de água utilizada durante o banho para as quatro regiões incluídas na pesquisa de Ghisi et al. (2007) realizada com base de dados dos anos de 1997 a 1999. Nota-se que no Nordeste houve uma redução significativa na porcentagem de residências que não tinham nenhum tipo de aquecimento para água de banho. O aquecimento solar ainda é pouco utilizado no Brasil, contudo houve um aumento de aproximadamente 4% nesta forma de aquecimento na região Sudeste de 1997 a 1999 para 2005.

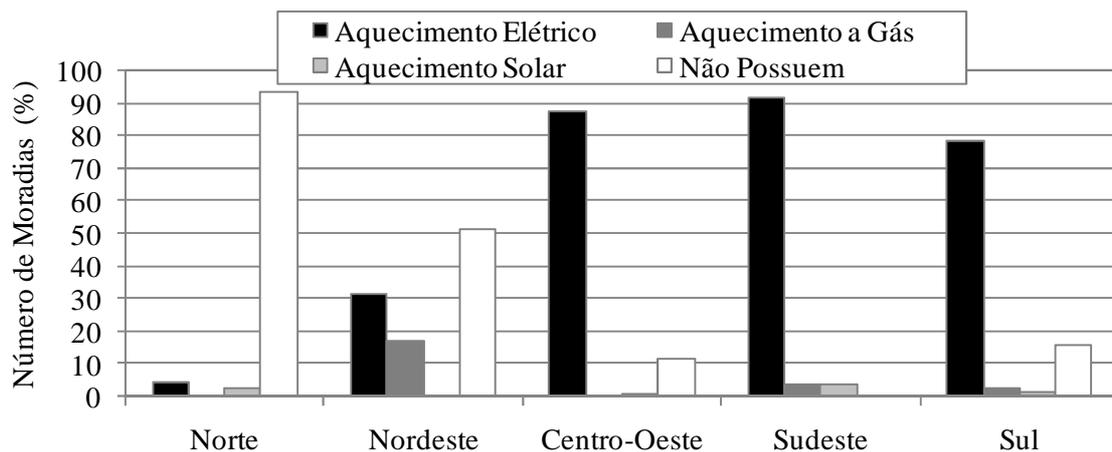


Figura 4.17. Porcentagem de tipo de aquecimento de água para banho de acordo com a região geográfica.

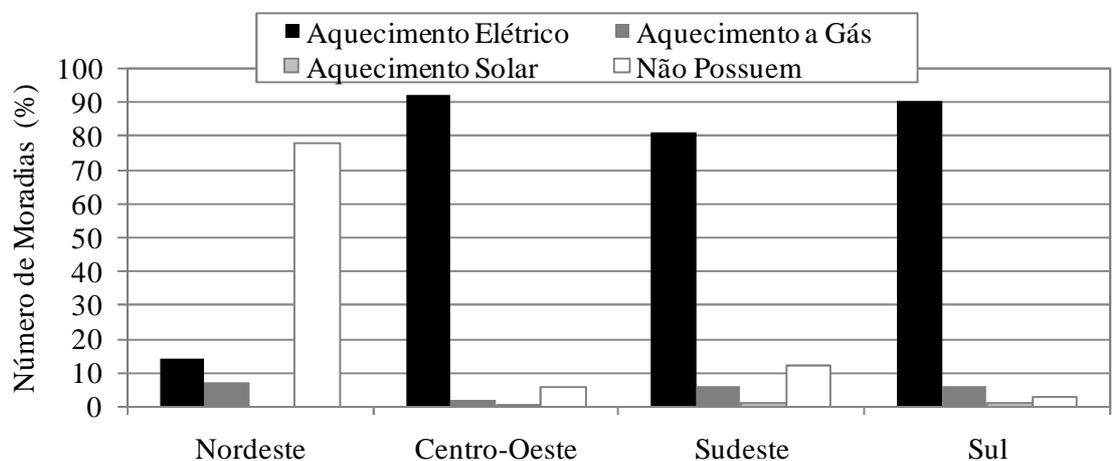


Figura 4.18. Porcentagem de tipo de aquecimento de água para banho de acordo com a região geográfica no período de 1997 a 1999.

Fonte: Ghisi et al. (2007).

A Tabela 4.7 mostra, em cada região, a porcentagem de casas em que a chave que controla a temperatura da água do chuveiro elétrico está na posição “verão”, “inverno” ou “desligado” em duas diferentes estações do ano, verão e inverno.

Pode-se observar que na região Sul a chave, independente da época do ano, em grande parte das residências fica na posição “Inverno”, que é posição que mais consome energia elétrica. Na região Sudeste, que possui uma grande variação na temperatura média de verão e inverno, a posição da chave do chuveiro varia de forma considerável nessas épocas do ano. Na região Centro-Oeste, na maioria das residências, o chuveiro fica na posição “Verão”.

Nota-se que na região Norte e Nordeste, respectivamente, 96% e 69% dos dados não continham informações sobre a posição da chave que controla o aquecimento da água no chuveiro elétrico, considerando NS/NR como “não sabem ou não responderam”.

Tabela 4.7. Posição da chave que controla o aquecimento da água no chuveiro elétrico no verão e inverno.

Região	Estação	Quantidade de residências (%)			
		Posição da Chave do Chuveiro			
		Verão	Inverno	Desligado	NS/NR
Norte	Verão	0,8	1,1	2,2	96,0
	Inverno	2,5	0,5	1,1	96,0
Nordeste	Verão	12,0	12,5	6,3	69,2
	Inverno	14,8	13,5	2,3	69,5
Centro-Oeste	Verão	35,6	16,7	32,8	14,9
	Inverno	33,9	24,4	26,3	15,3
Sudeste	Verão	66,4	17,0	6,6	10,0
	Inverno	17,6	71,1	1,1	10,1
Sul	Verão	5,9	76,5	16,1	1,5
	Inverno	3,3	82,4	12,8	1,5

4.2.4. Consumo de Energia Elétrica por Aparelhos em *Standby*

Os equipamentos eletrônicos que possuem a função *standby* mesmo quando não realizam sua atividade principal continuam a consumir energia elétrica. Os principais equipamentos que podem operar em modo *standby* são: televisor, forno microondas, aparelho de som, computador, DVD, vídeo cassete, decodificador de televisor via satélite e telefone sem fio. Nesta pesquisa os únicos aparelhos que apresentaram dados sobre a permanência em *standby* foram: televisor, aparelho de som, computador, forno microondas e ar condicionado. Por este motivo apenas estes equipamentos foram analisados, sendo que o ar condicionado foi desconsiderado por apresentar um consumo de *standby* muito pequeno.

O consumo de energia elétrica de equipamentos em *standby*, segundo esta pesquisa, encontra-se entre 1% e 3% do consumo total de uma residência como mostrado nas Tabelas 4.8 e 4.9. O valor deste consumo ficou relativamente baixo, devido à pequena quantidade de equipamentos, na base de dados, que apresentaram o hábito de uso em *standby*. O televisor, dentre os equipamentos pesquisados, apresenta o maior consumo de *standby*, representando cerca de 80% do consumo de *standby* na região Norte, com mostra a Figura 4.19.

Tabela 4.8. Consumo de energia elétrica mensal médio por residência em cada região geográfica em 2005 para aparelhos em modo *standby*.

Consumo de <i>standby</i> por residência (kWh/mês)				
Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
1,0	2,8	1,8	2,2	6,0

Tabela 4.9. Porcentagem de energia consumida por aparelhos em *standby* em relação ao consumo médio total por residência em cada região geográfica em 2005.

Porcentagem de energia consumida por aparelhos em <i>standby</i> (%)					
Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Média
1,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0

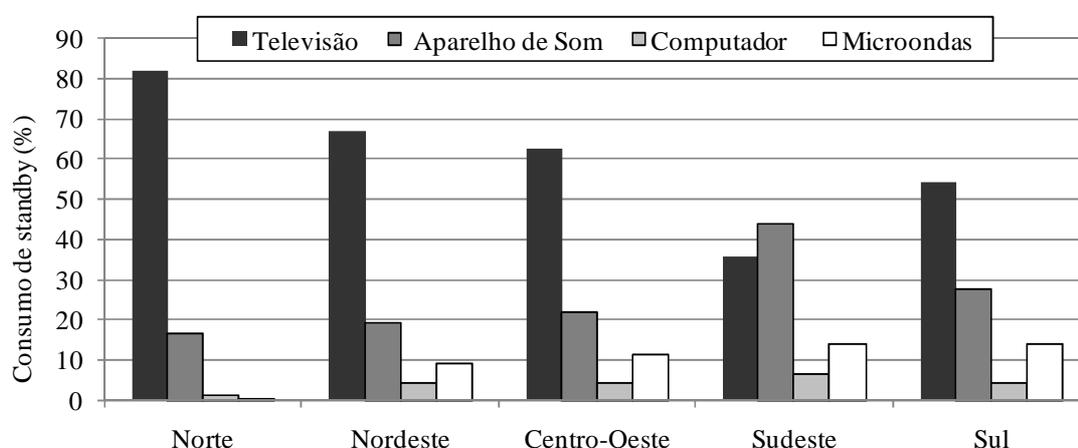


Figura 4.19. Uso final de energia elétrica no modo *standby* para quatro equipamentos nas cinco regiões brasileiras.

4.2.5. Usos Finais de Energia Elétrica no Verão e Inverno

Diante da importância do clima na análise do consumo de energia, principalmente em função da utilização do ar condicionado e chuveiro, é essencial que a pesquisa aborde separadamente o consumo de energia devido ao uso dos equipamentos no verão e no inverno. A Tabela 4.10 mostra o consumo médio de energia nessas duas épocas do ano, além do número de pessoas e de residências abordadas na pesquisa.

A região Norte possui a menor média de consumo de energia elétrica, tanto por pessoa como por residência, independente da época do ano, seguida pela região Nordeste. Segundo a pesquisa, o consumo na região Sudeste é o que mais varia durante o inverno e verão.

Tabela 4.10. Número de pessoas, residências, consumo médio diário por pessoas e consumo mensal por residência.

Regiões		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Número total de pessoas		2457	4075	7126	2135	2973
Número total de residências		650	1150	2100	725	1000
Consumo diário por pessoa (kWh/pessoa)	Verão	1,03	1,03	1,37	1,56	2,94
	Inverno	0,90	0,90	1,38	2,16	2,86
Consumo mensal por residência (kWh/mês)	Verão	96,49	102,05	107,91	138,35	273,09
	Inverno	81,02	92,04	109,92	201,34	261,26

A Tabela 4.11 apresenta a média do consumo de energia elétrica mensal dos equipamentos por residência para verão e inverno. Destaca-se a variação do consumo de energia elétrica do chuveiro entre as regiões, onde o Norte atingiu o valor aproximado de 2 kWh/mês e a região Sul superou a casa dos 124 kWh/mês, ambas para o verão. O refrigerador em todas as regiões apresenta médias muito próximas variando entre 36 kWh/mês e 40 kWh/mês.

Em quase todo território nacional, o refrigerador, presente em 95,5% das residências brasileiras, é um dos equipamentos que mais consome energia em uma residência. No entanto, algumas regiões de clima bem específico têm outros equipamentos como chuveiro elétrico e ar condicionado que se destacam quanto ao consumo de energia. As Figuras 4.20 a 4.27 ilustram a maneira em que se distribuem os usos finais de energia nas residências brasileiras.

O uso final de energia elétrica no Brasil está distribuído como mostra a Figura 4.20. Os usos finais dos equipamentos eletrônicos ficaram distribuídos em 7% para iluminação, 42% para refrigerador e freezer, 19% para chuveiro elétrico, 2% para ar condicionado, 12% para televisor e 18% para os demais equipamentos. A Figura 4.21 apresenta o uso final para as estações de inverno e verão. Verifica-se grande variação no consumo de energia elétrica correspondente a 3% do total no verão e 0% no inverno para o ar condicionado; e 13% do total no verão e 24% no inverno para os chuveiros elétricos.

Tabela 4.11. Média do consumo de energia elétrica mensal dos equipamentos por residência.

Equipamentos	Consumo médio mensal por residência (kWh/mês)				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Iluminação	6,83	3,96	6,87	11,84	8,61
Refrigerador	36,74	36,11	36,41	39,81	38,92
Freezer	6,99	8,66	6,83	8,23	21,39

Chuveiro	Verão	1,89	11,22	15,75	20,13	124,04
	Inverno	0,64	13,02	25,23	90,48	129,16
Ar Condicionado	Verão	18,56	13,99	9,42	7,39	17,05
	Inverno	4,33	2,18	1,95	0,03	0,10
Televisor		11,08	11,49	10,57	15,69	17,28
Aparelho de Som		2,26	3,01	3,73	5,20	4,73
Computador		1,16	0,99	2,90	2,99	2,64
Ferro Elétrico		6,77	6,66	6,74	10,30	9,16
Lava Roupa		2,25	1,01	2,29	3,39	3,03
Lava Louça		0,07	0,04	0,22	0,45	5,35
Secadora		0,00	0,78	0,14	0,37	6,32
Forno Microondas		0,86	1,19	3,81	7,67	6,10
Forno Elétrico		0,01	0,14	0,39	1,20	1,30
Torneira		0,00	0,00	0,00	1,50	1,13
Standby		1,04	2,80	1,84	2,19	6,04
Total no Verão		96,49	102,05	107,91	138,35	273,09
Total no Inverno		81,02	92,04	109,92	201,34	261,26

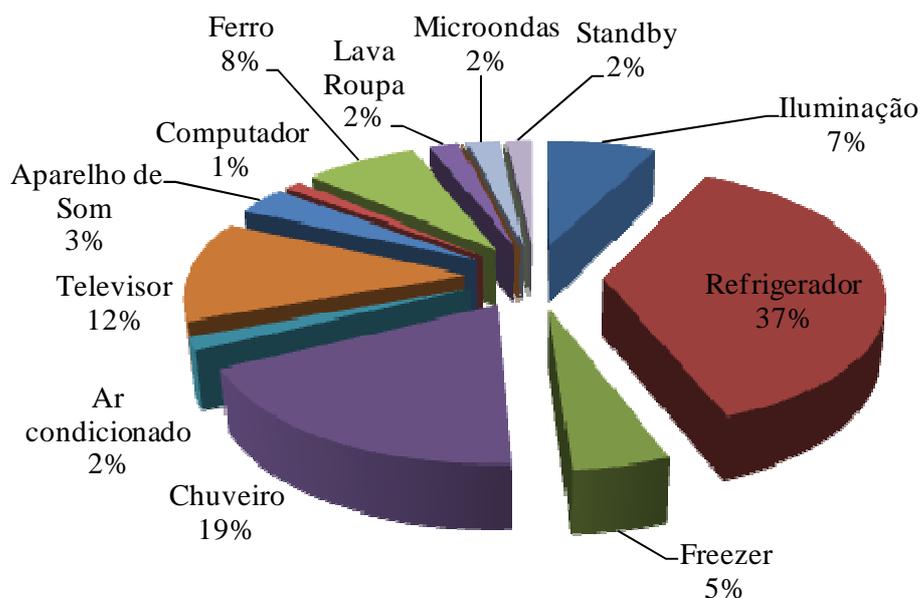
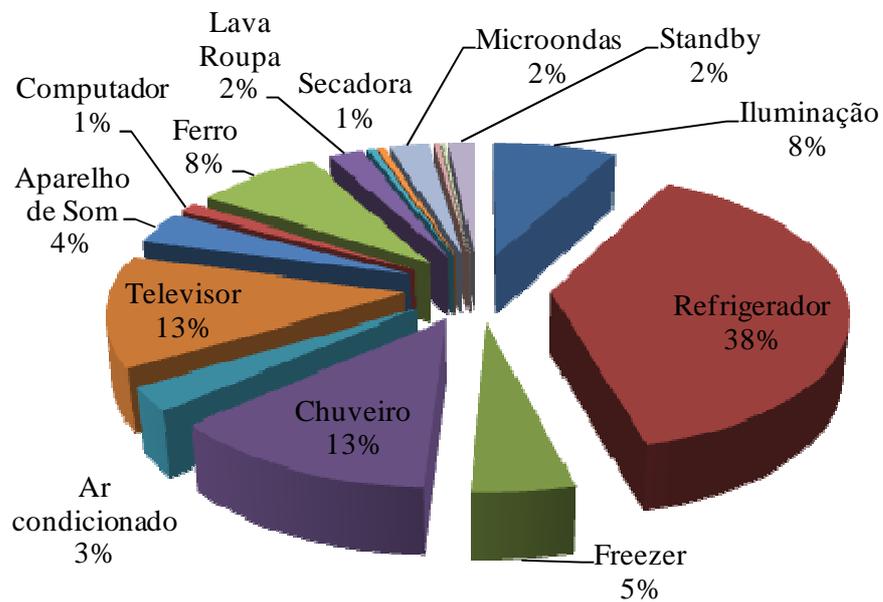
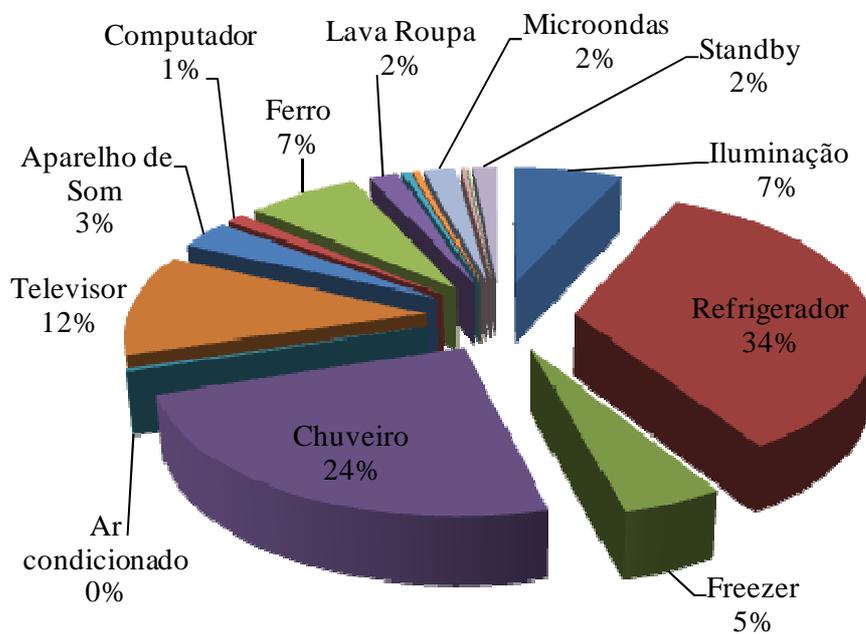


Figura 4.20. Usos finais de energia elétrica no Brasil.

Observa-se na Figura 4.22 que o refrigerador é um dos principais equipamentos a consumir eletricidade em uma residência na região Norte. Na região Nordeste, o refrigerador é também responsável pelo maior consumo de energia elétrica, segundo a Figura 4.23. Nota-se que o consumo de chuveiro elétrico aumentou 7% em relação à região anterior (Norte).

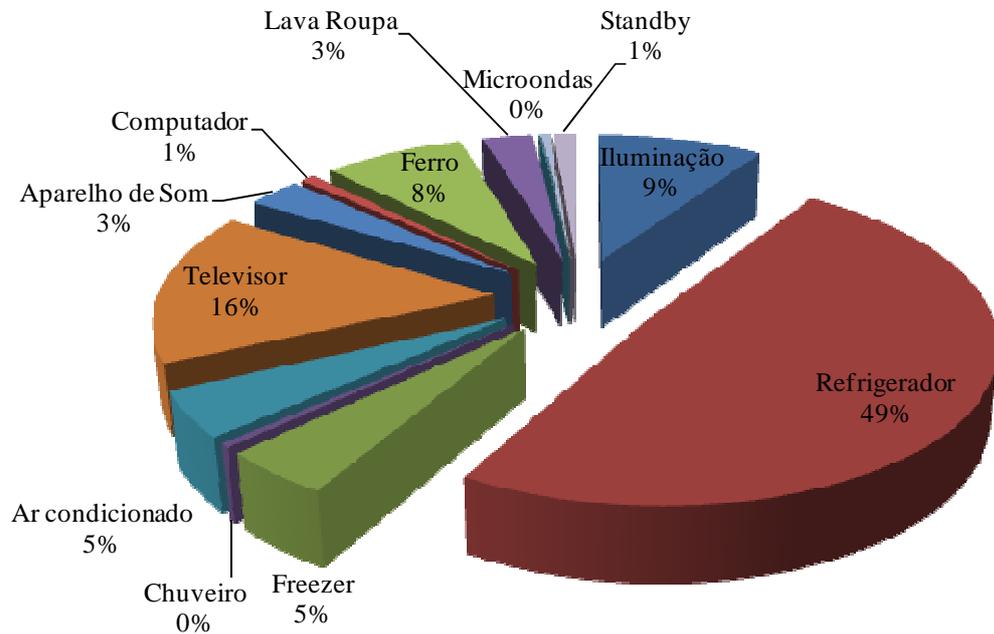


(a) Verão

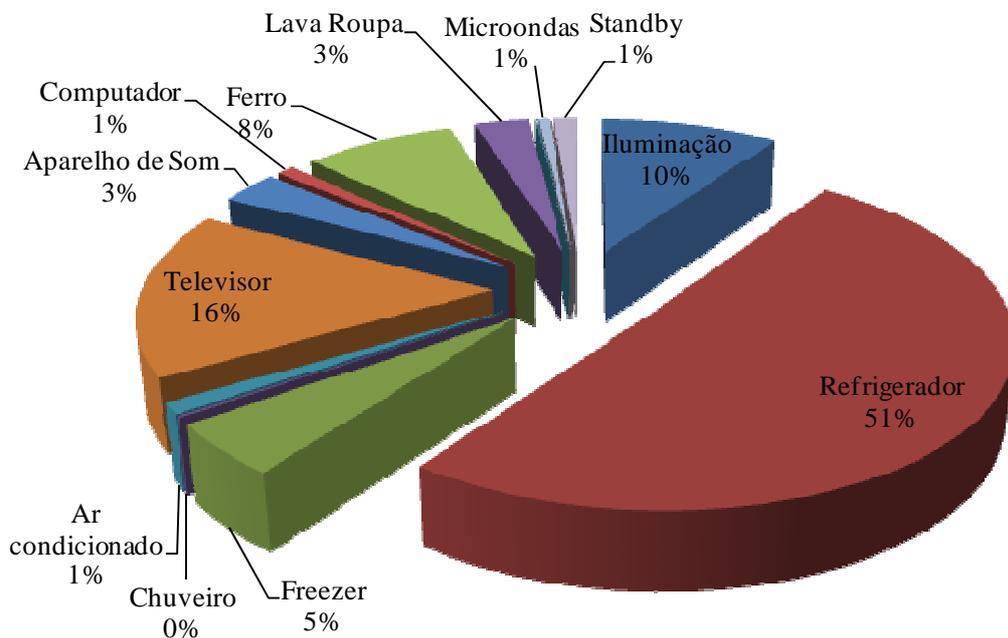


(b) Inverno

Figura 4.21. Usos finais de energia elétrica no Brasil no verão e no inverno.

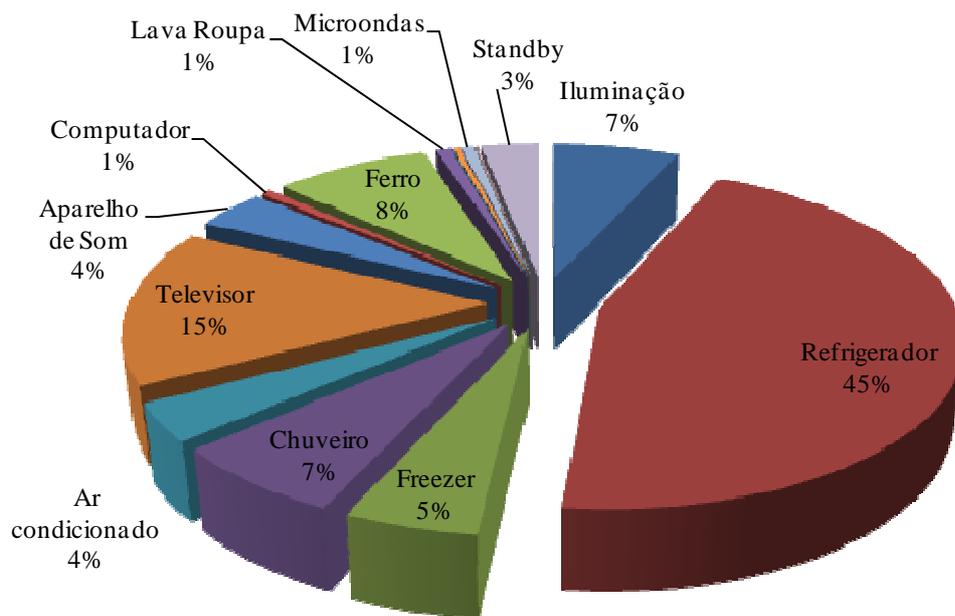


(a) Verão

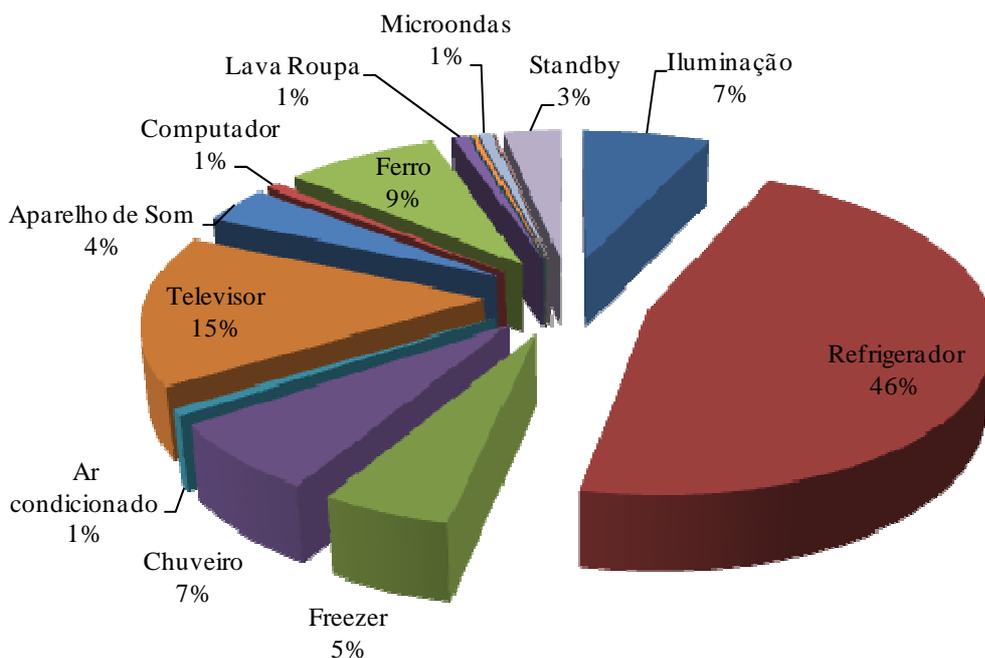


(b) Inverno

Figura 4.22. Usos finais de energia elétrica na região Norte no verão e no inverno.



(a) Verão



(b) Inverno

Figura 4.23. Usos finais de energia elétrica na região Nordeste no verão e no inverno.

A Figura 4.24 ilustra a distribuição dos usos finais de eletricidade na região Centro-Oeste. Nota-se, nesta região, que o chuveiro torna-se o segundo equipamento que mais consome energia elétrica por residência. O refrigerador continua sendo o maior

consumidor de energia elétrica. O televisor também apresentou um consumo de destaque com 12% do uso final de energia, no inverno.

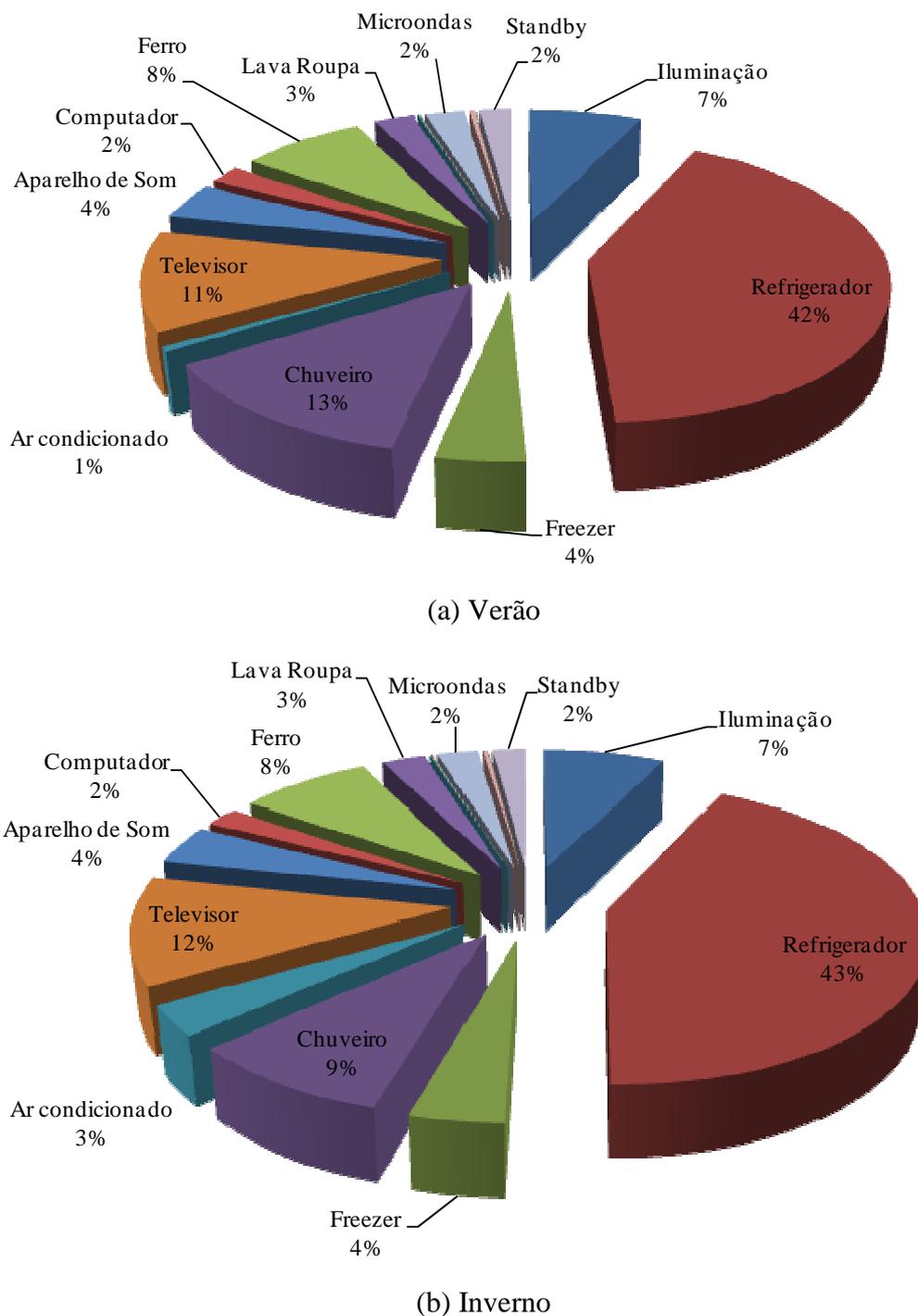


Figura 4.24. Usos finais de energia elétrica na região Centro-Oeste no verão e no inverno.

O chuveiro elétrico, no inverno, é o equipamento que mais consome energia elétrica na região Sudeste, como mostra a Figura 4.25. Porém, no verão, o consumo devido ao uso de chuveiro elétrico aproxima-se do consumo nas regiões Nordeste e Centro-Oeste devido à grande variação térmica desta região entre essas duas épocas do ano.

Como mostrado anteriormente na Tabela 4.6, a posição da chave que controla o aquecimento da água no chuveiro elétrico no período de inverno para a região Sudeste está, na maioria das vezes, na posição de maior consumo. Enquanto no período de verão, na maioria dos casos, a posição está em “verão” que foi considerado com consumo nulo. Este comportamento justifica a grande variação no uso final de energia pelo chuveiro elétrico.

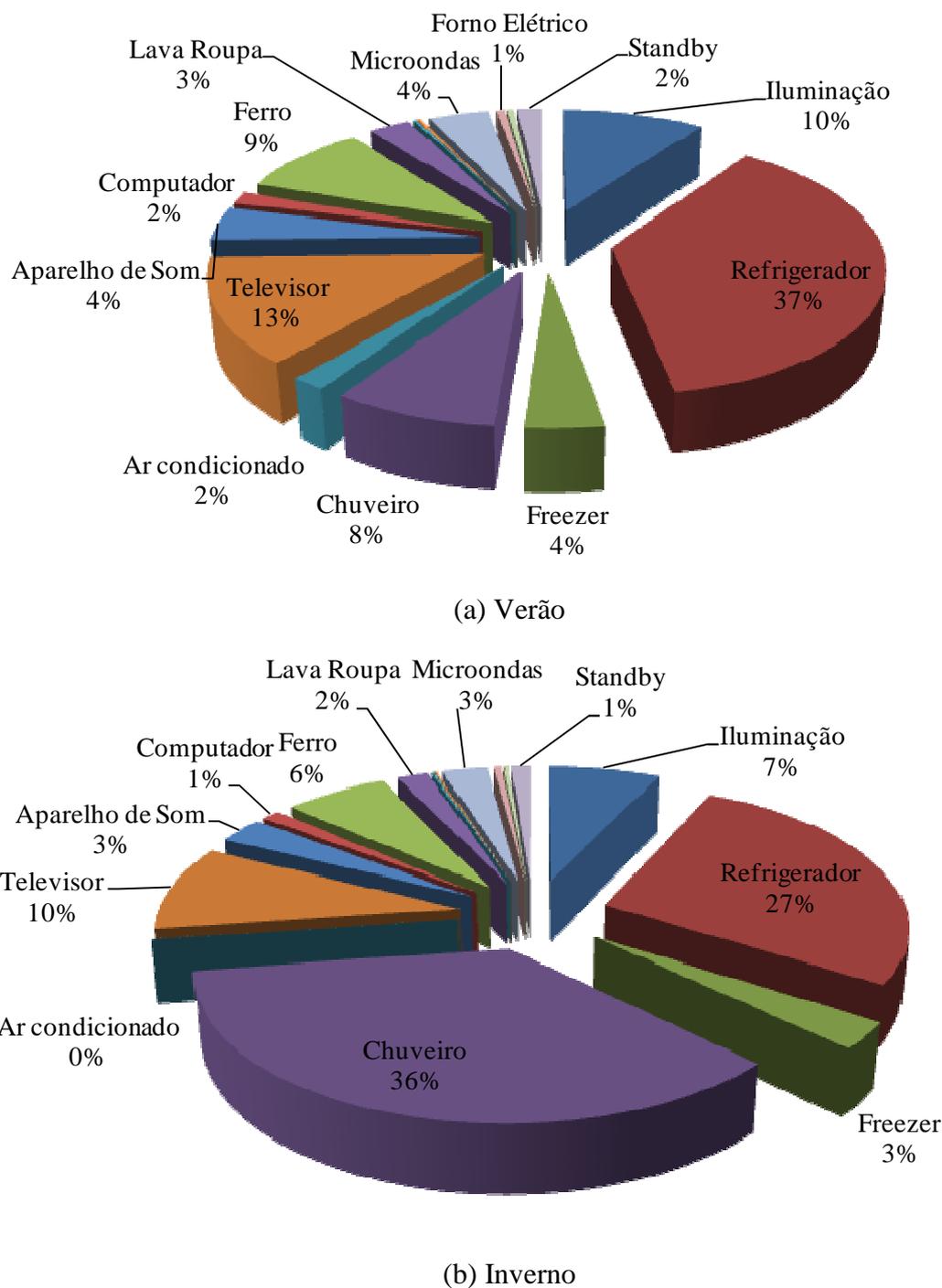
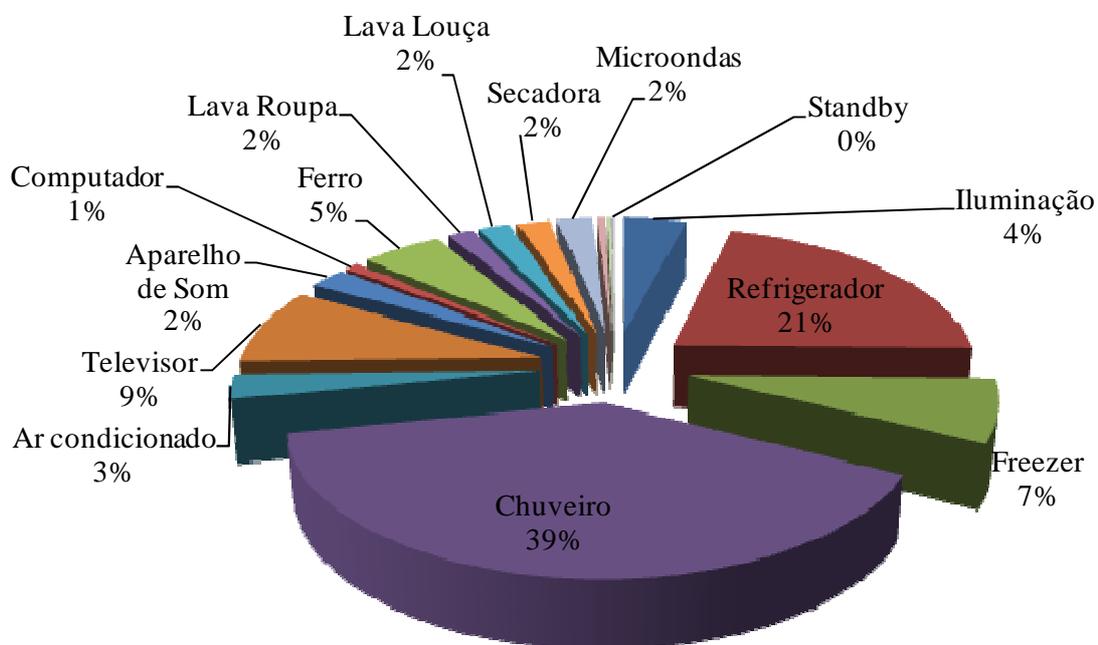
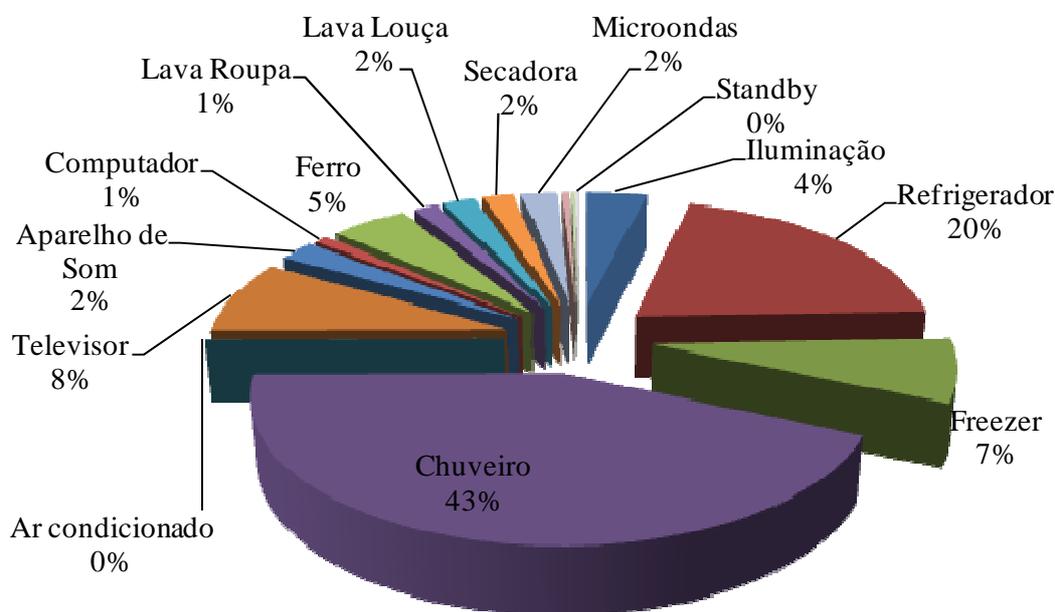


Figura 4.25. Usos finais de energia elétrica na região Sudeste no verão e no inverno.

A região Sul possui uma média de temperatura baixa durante grande parte do ano, tendo assim o chuveiro como principal consumidor de energia no verão e no inverno, consumindo em média 41% da energia residencial durante o ano, como mostra a Figura 4.26. A Tabela 4.7 comprova que, tanto no inverno quanto no verão, a posição da chave do chuveiro encontra-se na posição inverno (maior consumo de energia elétrica).



(a) Verão



(b) Inverno

Figura 4.26. Usos finais de energia elétrica na região Sul no verão e no inverno.

O Apêndice II apresenta tabelas completas com os valores de usos finais para todas as regiões brasileiras no verão e inverno.

A Tabela 4.12 relaciona as mudanças na distribuição do consumo residencial de energia entre os anos de 1998 e 2005, comparando os valores de Ghisi et al. (2007) com os obtidos nesse trabalho. Pode-se observar que o consumo devido ao ar condicionado diminuiu em todo o Brasil, sobretudo na região Norte. O consumo de chuveiro elétrico aumentou de forma acentuada na região Sul, com um aumento de 11%. Percebe-se um aumento exagerado neste caso, que pode ter sido obtido devido a erros na estimativa do consumo de energia pelo fato do questionário não ter sido respondido satisfatoriamente em alguns casos. Os equipamentos relacionados na Tabela 4.11 são: televisor, aparelho de som, computador, ferro elétrico, lava roupa, lava louça, secadora, forno microondas, forno elétrico e torneira elétrica.

Tabela 4.12. Comparação de usos finais de eletricidade no setor residencial brasileiro por regiões geográficas entre os anos de 1998 e 2005.

Região	Usos Finais (%)									
	Refrigerador		Chuveiro		Iluminação		Ar Condicionado		Equipamentos	
	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005
Norte	35	50	5	1	20	9	9	3	31	37
Nordeste	41	47	7	7	18	7	3	2	31	37
Centro-Oeste	34	43	23	11	12	7	2	2	29	37
Sudeste	33	32	23	22	11	8	3	1	29	37
Sul	33	21	22	41	11	4	2	1	33	33

4.3. Usos Finais de Energia Elétrica por Zona Bioclimática

O extenso território, as formas de relevo, a altitude e a dinâmica das correntes e massas de ar, dão ao Brasil uma grande diversidade climática. A Figura 4.27 mostra a variação da temperatura média em cidades pertencentes às oito Zonas Bioclimáticas. Pode-se observar que em um único mês, em cidades diferentes, a temperatura média difere mais de 10°C (GOULART, 1997). Devido a esta variação climática entre as cidades brasileiras e a influência do clima no consumo, o uso final de energia elétrica residencial foi determinado individualmente para cada Zona Bioclimática.

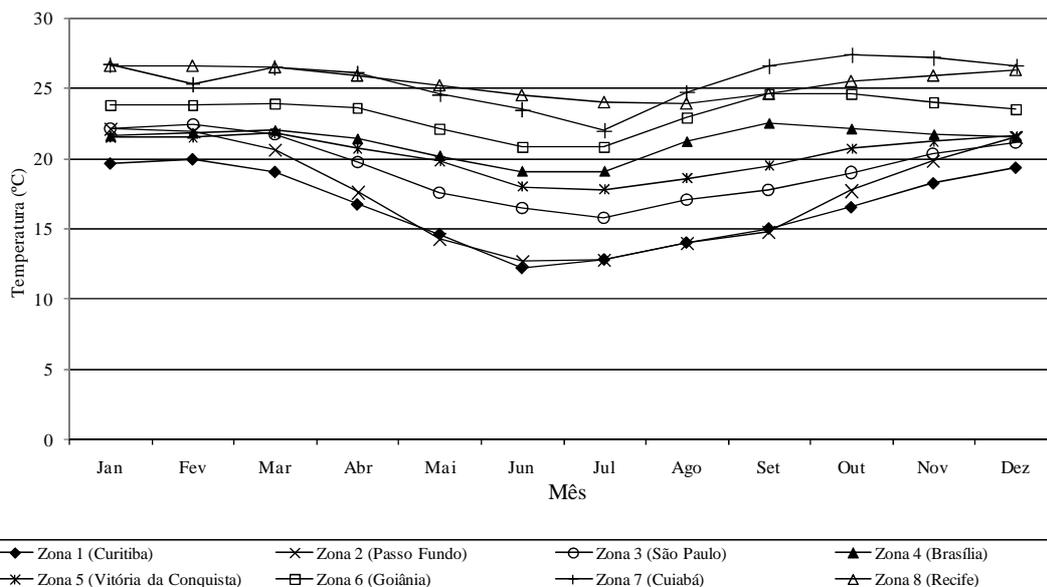


Figura 4.27. Variação da temperatura média em oito cidades pertencentes às oito Zonas Bioclimáticas. Fonte: Goulart et al. (1997).

A Tabela 4.13 mostra a distribuição do consumo de energia elétrica para as oito Zonas Bioclimáticas, em kWh por mês. É importante comentar que o consumo do refrigerador manteve-se com uma variação muito pequena, apresentando um desvio padrão de 1,80 kWh/mês. A variação do consumo de freezer pode ser explicada pela diferença entre a posse deste equipamento. Na região Sul este equipamento está presente em 45% das residências e nas regiões Norte e Centro-Oeste em, apenas, 16% delas. O desvio padrão do consumo de energia elétrica do freezer é de 5,08 kWh/mês.

Na Zona Bioclimática 1 (temperaturas mais baixas), o consumo médio no verão atingiu 310,06 kWh/mês e no inverno 280,67 kWh/mês. As residências localizadas na Zona 7 (temperaturas mais altas) consomem em média 86,87 kWh/mês e 104,37 kWh/mês, respectivamente, no verão e no inverno. Entre as Zonas, a maior variação quanto ao consumo de energia elétrica ocorre devido ao uso do chuveiro, como já visto anteriormente na divisão por região geográfica.

O consumo de energia elétrica devido à utilização do ar condicionado também apresenta grande variação entre o verão e inverno. Na Zona 1, este equipamento quase não é usado no inverno, no entanto consome 48,07 kWh/mês por residência em um mês no verão.

Tabela 4.13. Consumo de energia elétrica média por residência nas Zonas Bioclimáticas brasileiras no verão e no inverno.

Equipamentos		Consumo médio mensal por residência (kWh/mês)							
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
Iluminação		8,16	7,96	12,62	11,11	6,59	5,31	3,48	6,06
Refrigerador		39,91	36,41	40,29	37,51	36,12	36,35	34,93	37,65
Freezer		20,92	14,94	12,33	7,52	9,16	6,41	6,14	8,58
Chuveiro	Verão	126,51	76,14	47,31	12,85	48,99	18,41	0,88	10,51
	Inverno	145,19	87,65	120,30	47,02	57,48	25,50	15,87	14,43
Ar Condicionado	Verão	48,07	2,29	4,55	1,72	9,93	10,96	8,17	20,03
	Inverno	0,00	0,09	0,07	0,11	0,00	0,42	10,67	2,40
Televisor		20,79	13,09	17,13	12,88	12,20	9,08	12,34	12,48
Aparelho de Som		4,64	4,17	5,45	4,68	3,47	3,49	4,07	3,12
Computador		2,02	1,40	3,71	4,31	1,65	1,51	1,89	1,29
Ferro Elétrico		10,34	7,62	10,76	8,28	7,83	7,25	7,38	7,04
Lava Roupa		2,95	3,01	3,68	3,23	1,62	2,26	2,12	1,64
Lava Louça		8,74	2,78	1,77	0,38	0,15	0,00	0,28	0,19
Secadora		6,95	3,33	2,23	0,28	1,21	0,00	0,32	0,45
Forno Microondas		6,76	3,40	9,64	6,11	3,08	2,42	2,37	1,47
Forno Elétrico		1,84	0,89	1,39	0,45	0,37	0,41	0,12	0,34
Torneira Elétrica		1,15	0,39	2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Standby		0,31	0,40	1,88	2,24	2,00	1,68	2,38	2,01
Consumo Total	Verão	310,06	178,22	177,04	113,55	144,37	105,56	86,87	112,88
	Inverno	280,67	187,52	245,55	146,12	142,93	102,10	104,37	99,16

A Zona 1, como mostra a Figura 4.28, destaca-se pelo seu alto consumo de energia elétrica com o chuveiro, representando no verão 34% do total e no inverno 45%. Devido ao uso elevado do chuveiro, o refrigerador é responsável (em média) por apenas 18% do consumo nesta Zona.

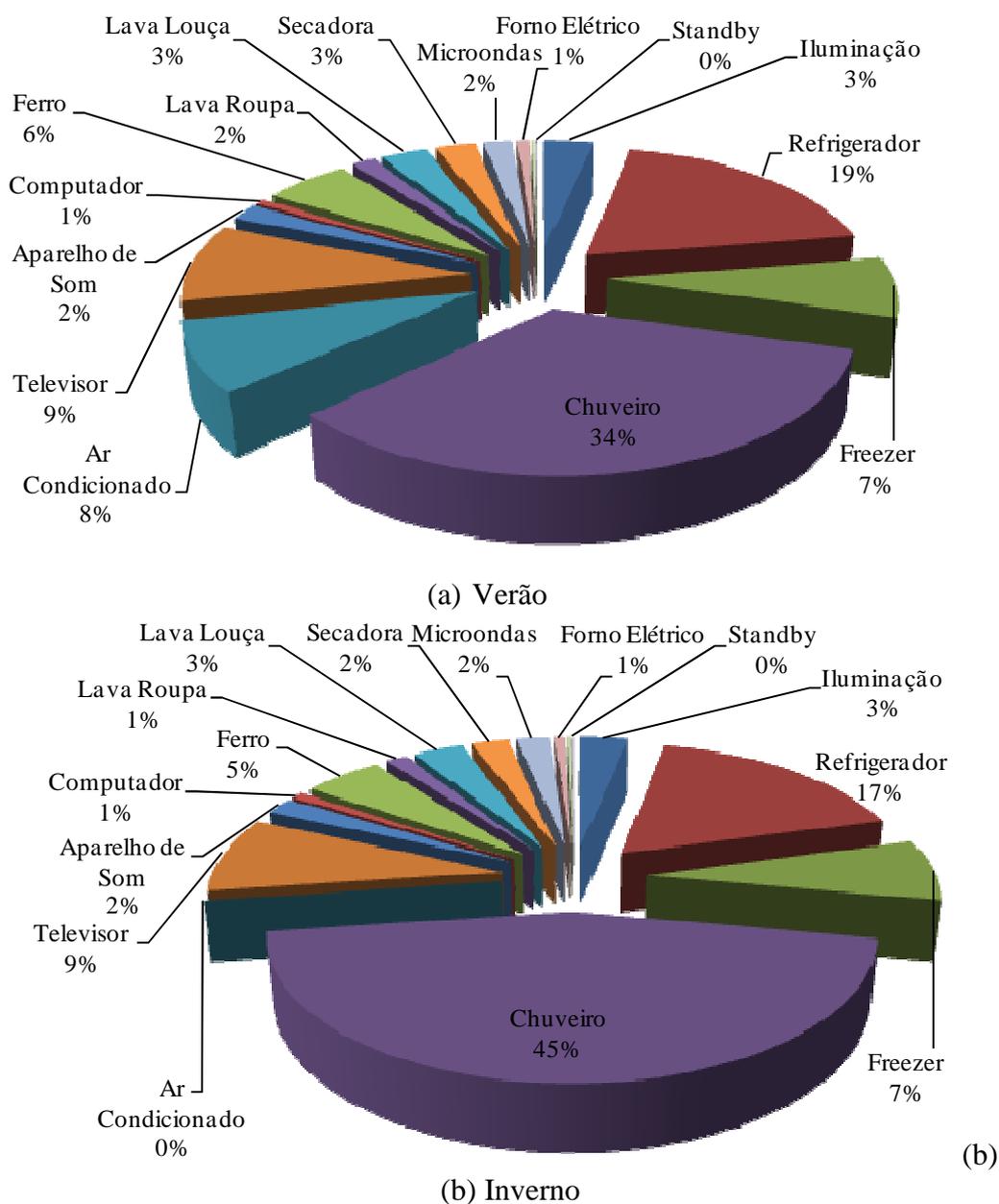
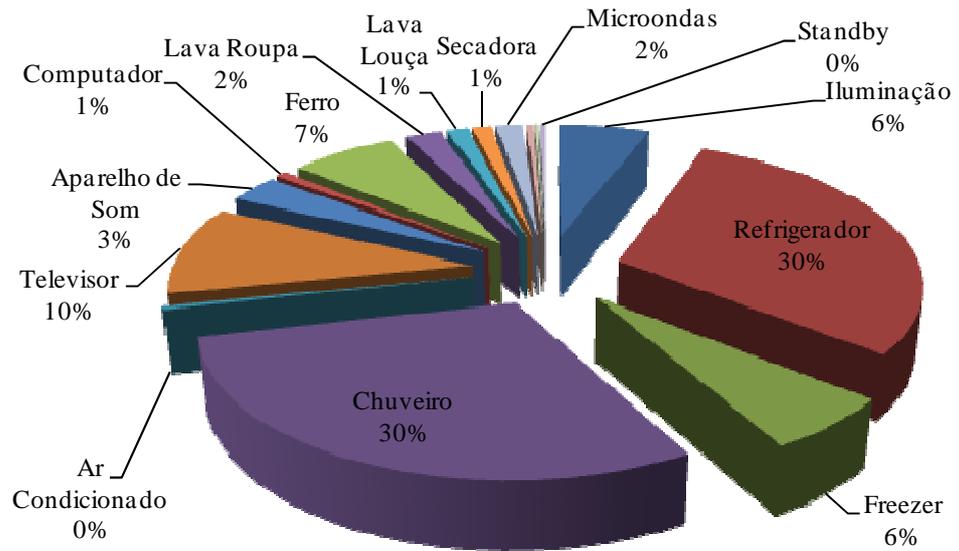
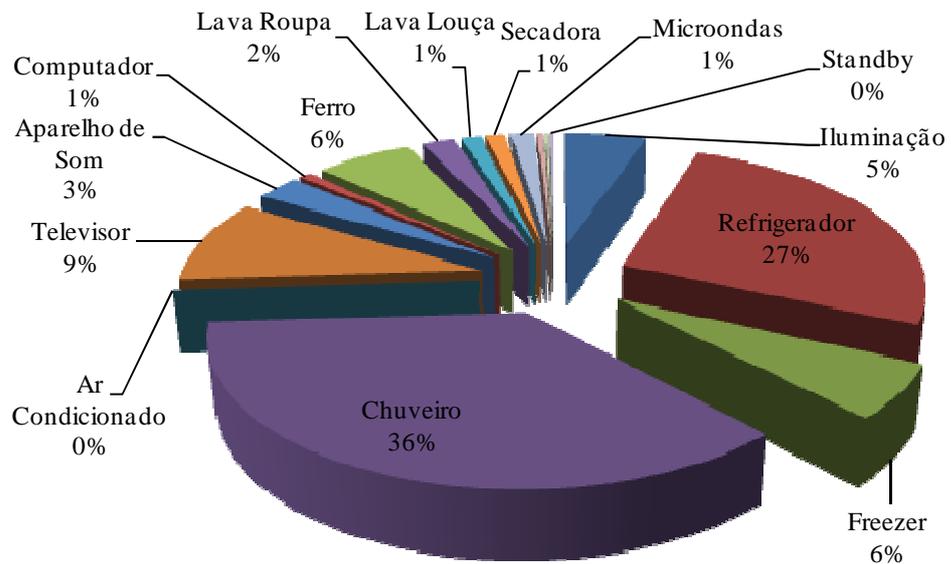


Figura 4.28. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 1 no verão e no inverno.

A Zona 2, como mostra a Figura 4.29, apresenta alto consumo de energia elétrica através do uso do chuveiro e pequeno com o uso do ar condicionado. Nota-se que há um crescimento na porcentagem do uso final do refrigerador em relação à Zona 1, justificado principalmente pela diminuição do consumo do chuveiro.



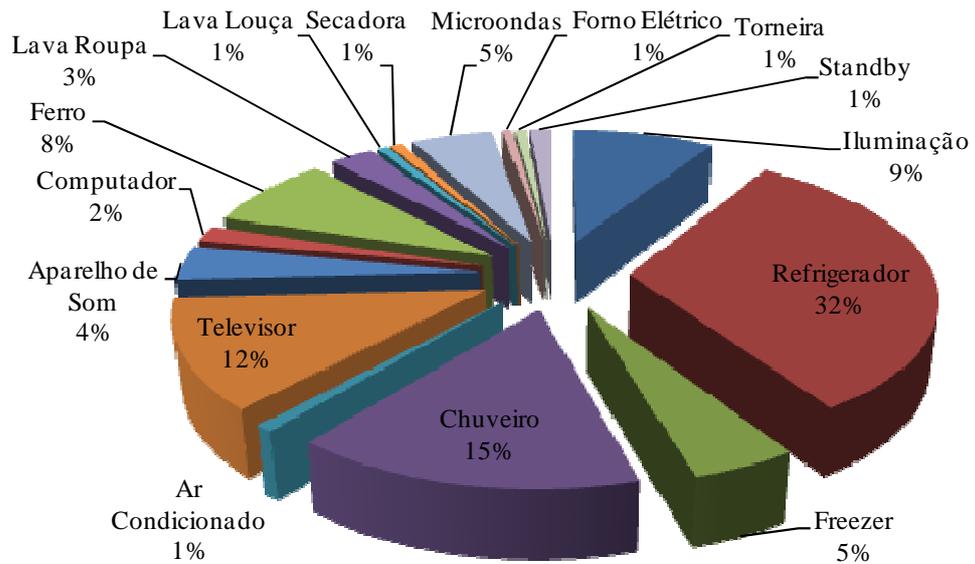
(a) Verão



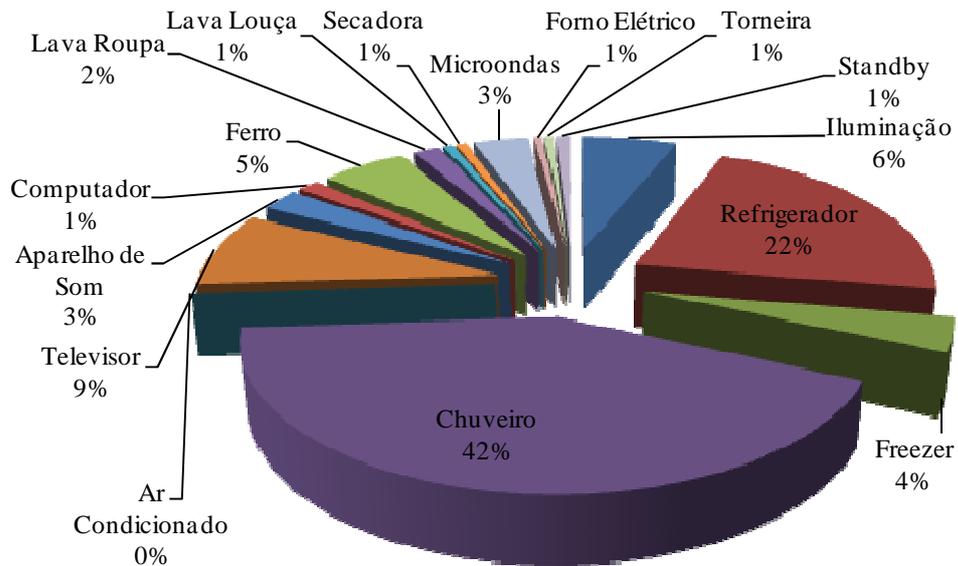
(b) Inverno

Figura 4.29. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 2 no verão e no inverno.

A Figura 4.30 mostra um decréscimo no uso de chuveiro em comparação às Zonas 1 e 2. A Zona 3 é caracterizada pela queda no consumo de chuveiro no verão, já representando uma área de temperaturas mais elevadas durante os meses desta estação.



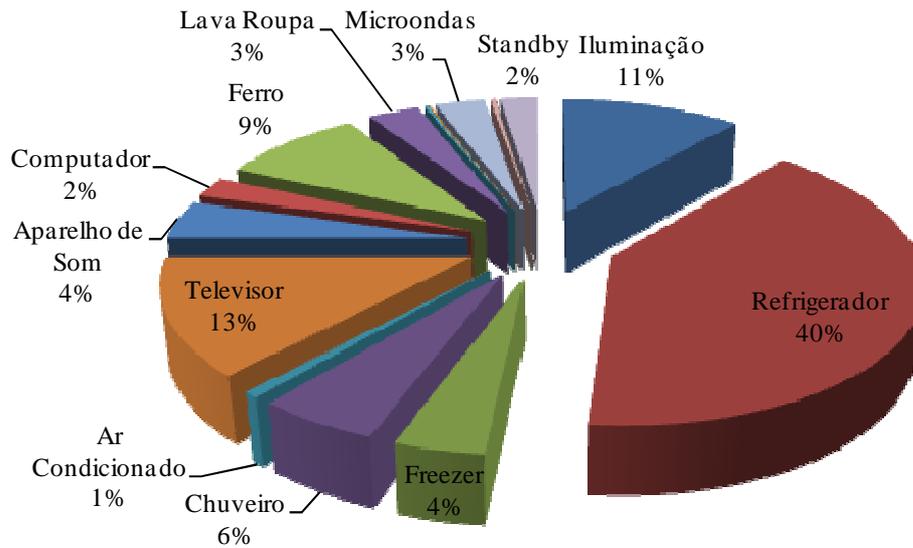
(a) Verão



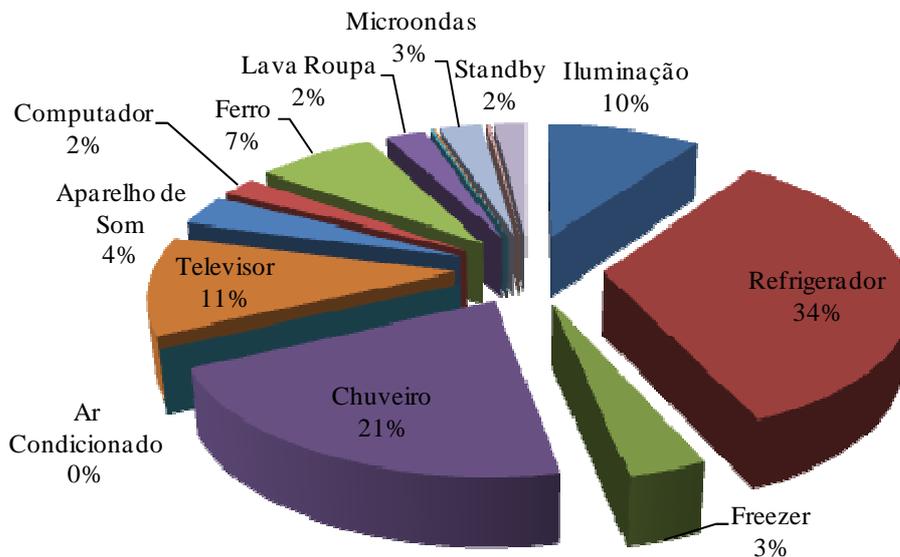
(b) Inverno

Figura 4.30. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 3 no verão e no inverno.

A Figura 4.31 apresenta um crescimento significativo no uso final do refrigerador e na iluminação, apresentando, respectivamente, 40% e 11% no verão. Nota-se ainda, que o consumo de chuveiro cai progressivamente em relação ao aumento das temperaturas que as zonas representam.



(a) Verão



(b) Inverno

Figura 4.31. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 4 no verão e no inverno.

A Zona 5, exposta na Figura 4.32, apresenta um crescimento no uso final do chuveiro em relação a Zona 4. Porém na Zona 6, Figura 4.33, o consumo do chuveiro volta a cair. Pode-se destacar também um aumento no uso final do ar condicionado no verão na Zona 6.

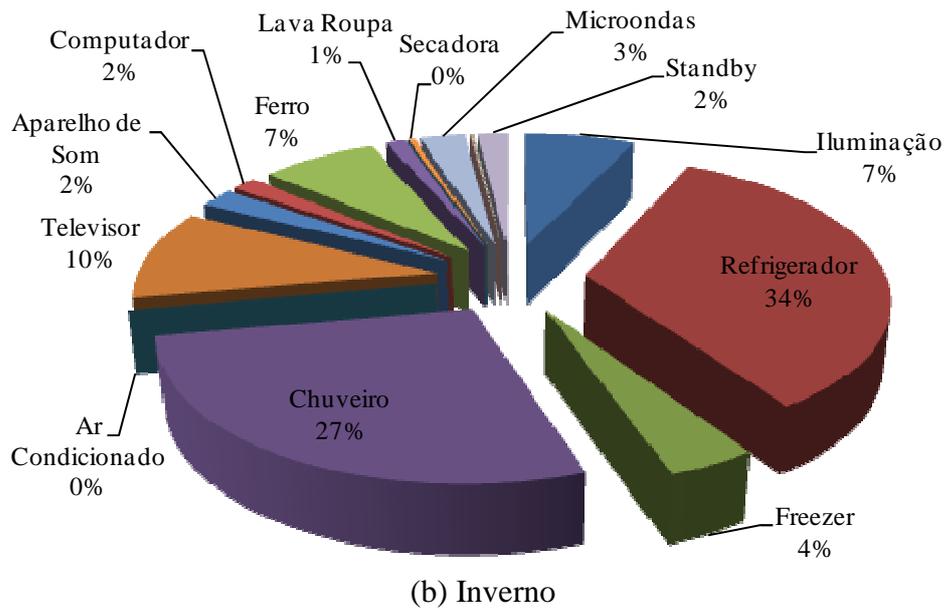
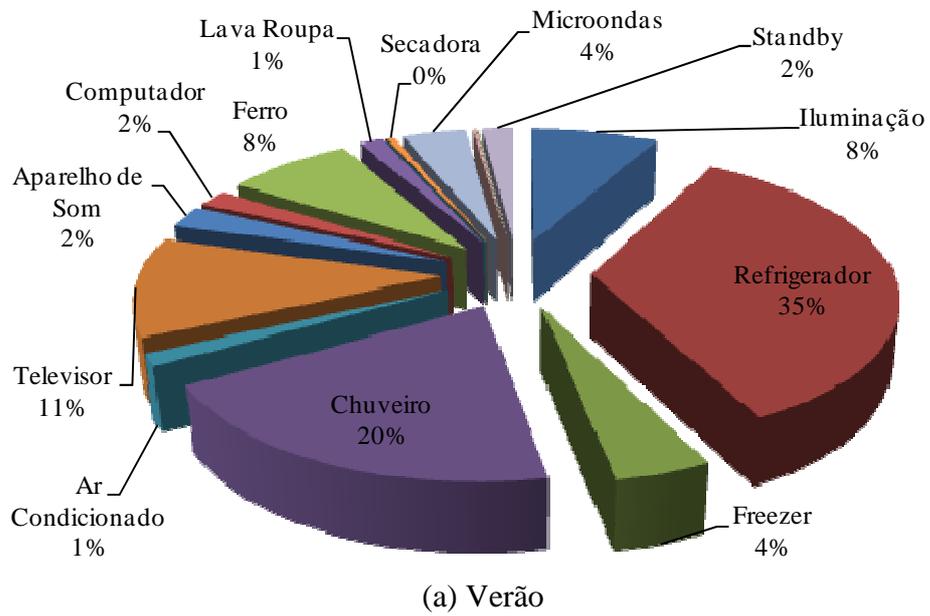
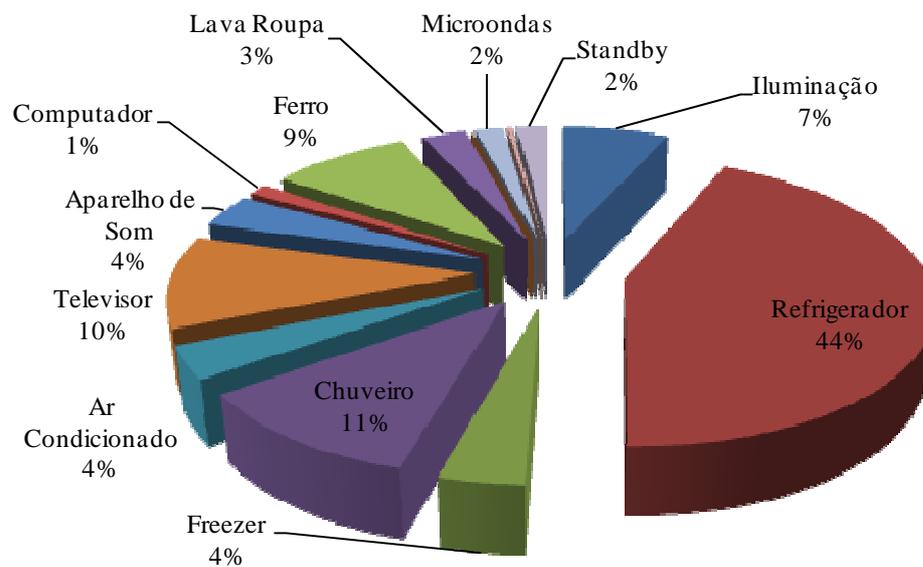
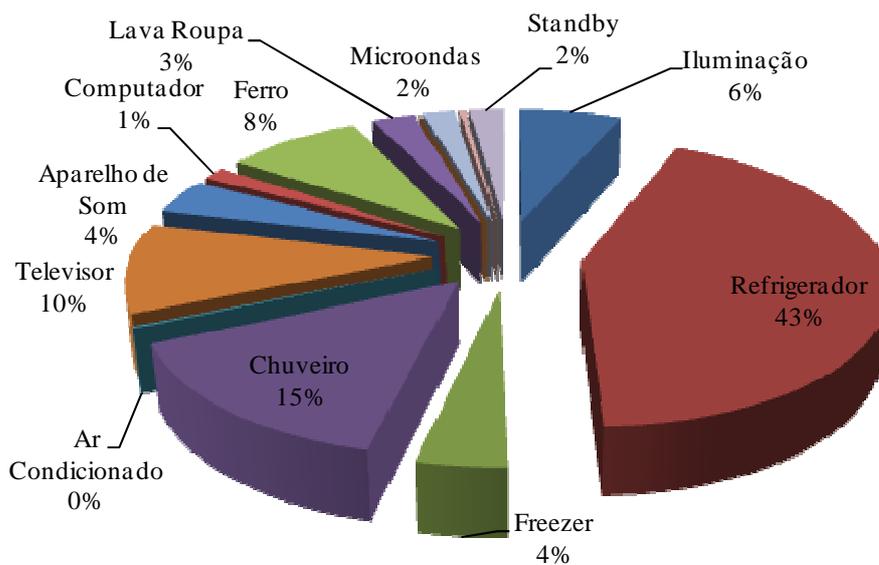


Figura 4.32. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 5 no verão e no inverno.



(a) Verão



(b) Inverno

Figura 4.33. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 6 no verão e no inverno.

As Figuras 4.34 e 4.35 mostram os usos finais nas Zona 7 e 8, respectivamente. Nestas Zonas observa-se uma porcentagem pequena de chuveiro no total do consumo de energia elétrica, justificado por seu clima quente. Também se observa um incremento no uso final de ar condicionado.

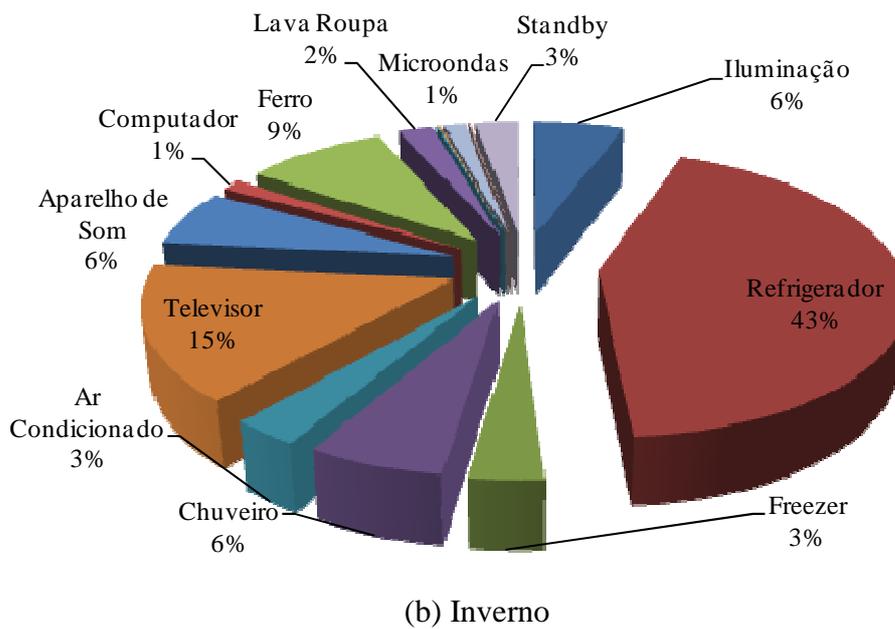
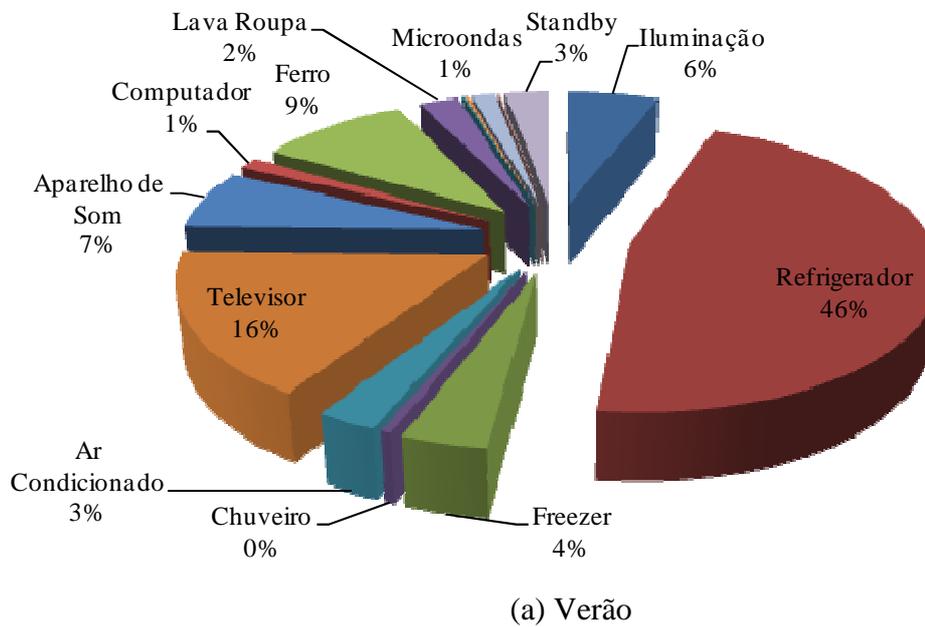


Figura 4.34. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 7 no verão e no inverno.

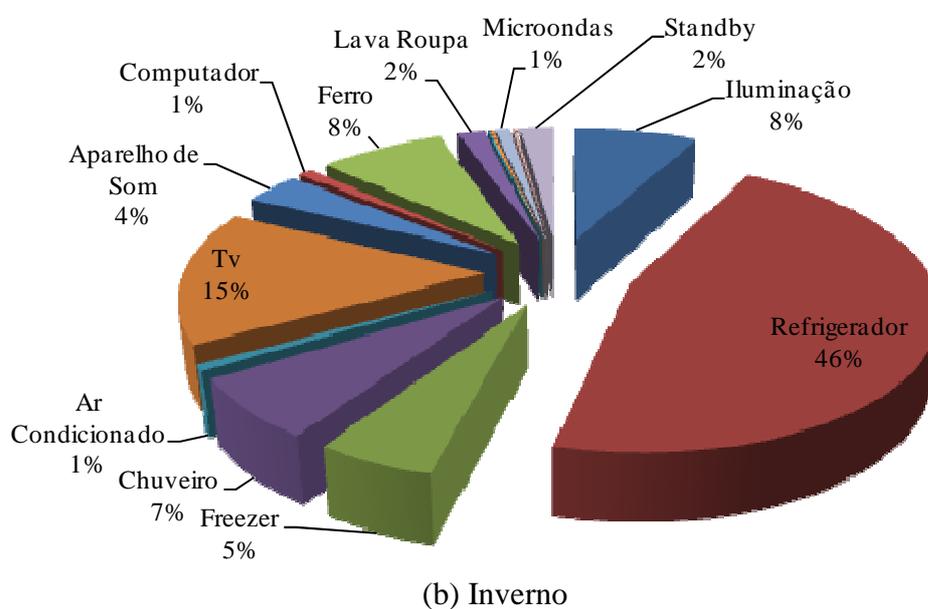
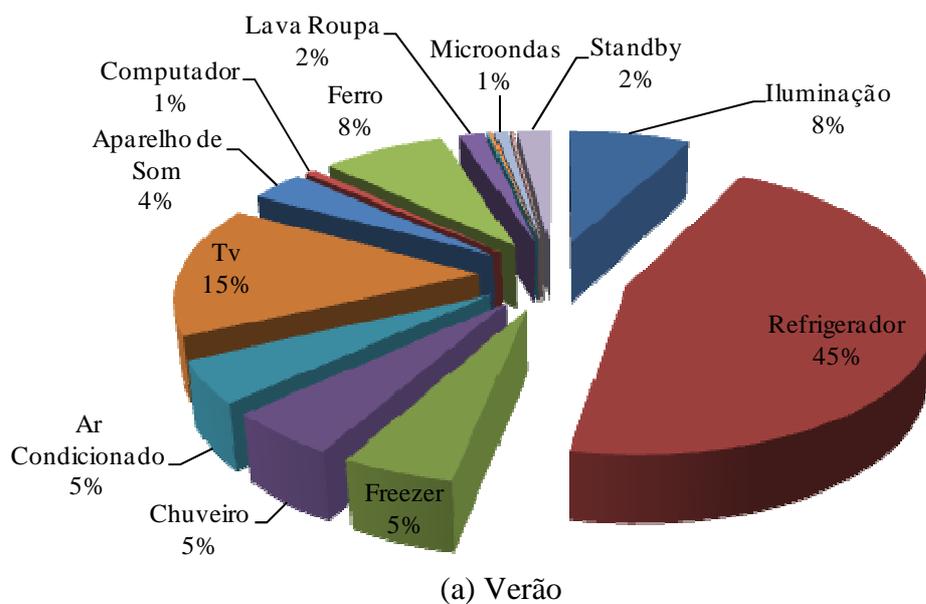


Figura 4.35. Usos finais de energia elétrica na Zona Bioclimática 8 no verão e no inverno.

O Apêndice III apresenta os usos finais de energia elétrica residencial nas Zonas Bioclimáticas brasileiras no verão e no inverno em forma de tabela.

4.3.1. Usos Finais de Energia Elétrica por Subzonas Brasileiras

A partir dos resultados encontrados e para obter uma divisão mais específica onde o consumo de energia tivesse uma menor variação entre as cidades, foi realizada uma nova divisão em Subzonas, onde o território nacional foi dividido em 29 partes. A

divisão levou em conta as variáveis como: altitude, a proximidade das cidades e consumo de chuveiro elétrico.

A análise ocorreu em cada Zona Bioclimática individualmente. Na Zona 8, por exemplo, há uma grande quantidade de cidades pesquisadas na proximidade da cidade de Belém do Pará. Estas cidades apresentam características de relevo muito similares e, portanto, foram agrupadas na Subzona T, como mostra a Figura 4.36. Após a divisão foi analisado o consumo de chuveiro elétrico onde se verificou uma pequena variação entre este consumo dentro de cada Subzona indicando que esta divisão é adequada já que revela um padrão de consumo semelhante.

Na Tabela 4.14 apresenta-se o consumo de energia elétrica para todas as Subzonas. A maioria dos equipamentos mostra um consumo com variações relativamente pequenas entre as Subzonas contidas na mesma Zona Bioclimática, porém o chuveiro elétrico e o ar condicionado não seguem o mesmo padrão. Na Zona 2 as Subzonas C e D apresentam consumo de energia elétrica no verão de 6,75 kWh/mês e 99,90 kWh/mês, respectivamente, representando uma diferença de aproximadamente 93 kWh/mês em uma única Zona. Para o ar condicionado no verão destaca-se o elevado consumo de energia elétrica na Subzona B que apesar de estar localizada na Zona com temperaturas predominantemente mais baixas do Brasil consome a média de 59,87 kWh/mês por residência.

As Tabelas 4.15 e 4.16 contêm os usos finais de energia elétrica para cada Subzona. Verifica-se que o chuveiro elétrico apresentou, no inverno, a maior diferença do percentual do consumo elétrico total por residência variando de 0,0% a 46,1%. O refrigerador continua sendo o equipamento com a menor variação do uso final e consumo de energia elétrica entre Subzonas.

Esta diferença do consumo do chuveiro, no inverno, pode ser melhor observada na Figura 4.37. Os menores consumos deste equipamento são pertencentes às Zonas 7 e 8, onde os consumos não ultrapassam 60 kWh/mês. Já a Subzona B é responsável pelo maior consumo de chuveiro elétrico, com o valor de 155,69 kWh/mês; seguida pela Subzona F, com um consumo de 128,15 kWh/mês.

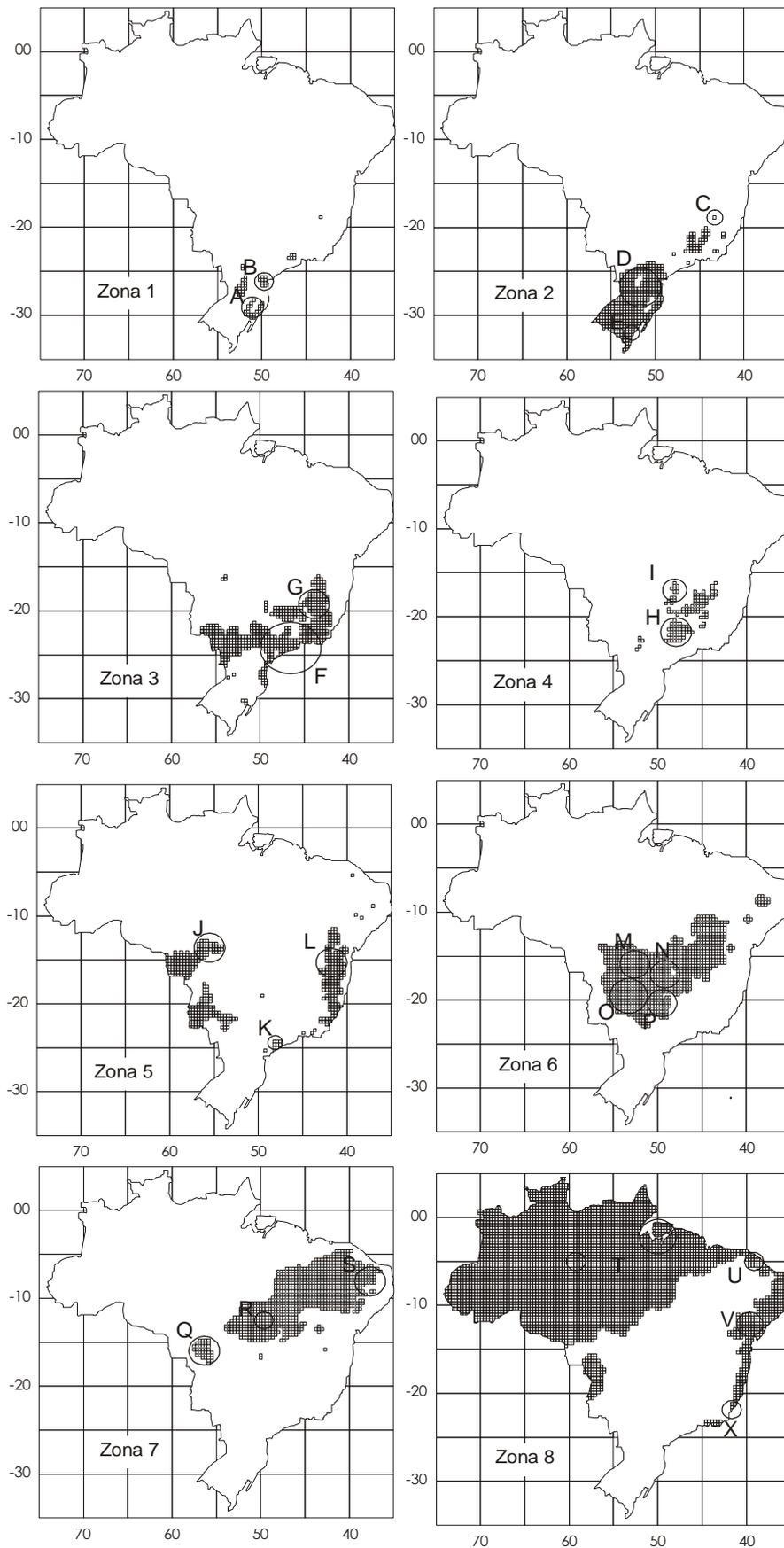


Figura 4.36. Mapas do Brasil indicando as oito zonas bioclimáticas separadamente e a localização das subzonas.

Tabela 4.14. Média residencial do consumo de energia elétrica mensal por subzonas.

Zonas	Subzonas	Consumo médio mensal de energia elétrica (kWh/mês)									Consumo total (kWh/mês)	
		Iluminação	Refrigerador	Freezer	Chuveiro		Ar Condicionado		Televisor	Equipamentos	No Verão	No Inverno
					No Verão	No Inverno	No Verão	No Inverno				
1	A	2,67	36,73	21,95	108,10	107,25	5,41	0,00	17,28	31,67	223,80	217,53
	B	9,68	40,79	20,63	131,61	155,69	59,87	0,00	21,76	49,19	333,53	297,74
2	C	6,15	32,40	4,53	6,75	41,04	0,00	0,00	8,21	14,56	72,60	106,89
	D	6,27	37,07	16,65	99,90	105,03	2,72	0,00	15,32	30,29	208,22	210,63
	E	10,49	37,06	16,64	73,50	84,28	2,61	0,21	12,28	27,60	180,19	188,56
3	F	12,75	40,25	12,74	52,62	128,15	4,93	0,08	17,60	42,45	183,33	254,02
	G	11,76	40,55	9,55	11,12	66,72	1,97	0,00	13,91	30,49	119,34	172,97
4	H	9,52	40,49	5,35	12,88	79,39	2,58	0,00	13,83	30,88	115,53	179,46
	I	11,45	35,24	7,79	9,47	29,16	1,38	0,18	12,32	25,17	102,83	121,31
5	J	3,53	33,88	6,17	11,91	16,49	5,46	0,00	11,04	12,34	84,33	83,46
	K	9,07	37,26	11,31	63,16	81,35	10,87	0,00	14,35	26,63	172,65	179,98
	L	3,05	36,16	6,84	67,59	46,53	15,10	0,00	6,22	5,35	140,31	104,15
6	M	8,24	39,73	3,78	58,53	64,85	11,15	0,00	9,55	11,94	142,91	138,08
	N	3,78	35,96	6,94	3,23	4,84	12,91	0,05	9,00	21,80	93,62	82,37
	O	4,25	32,29	8,10	1,11	9,64	9,60	1,96	8,24	14,03	77,62	78,51
	P	6,48	36,74	9,26	0,00	47,01	0,00	0,00	10,28	20,41	83,18	130,19
7	Q	0,94	33,67	3,58	0,00	29,54	8,72	15,35	10,96	16,57	74,45	110,63
	R	10,33	41,88	7,76	2,45	5,72	0,00	0,00	17,22	28,72	108,36	111,62
	S	3,58	33,86	7,87	1,16	7,08	10,23	9,90	12,04	17,12	85,86	91,45
8	T	5,79	36,85	8,18	2,08	2,25	17,46	2,99	11,95	13,97	96,28	81,98
	U	1,90	39,57	13,76	1,05	33,65	26,52	0,00	14,53	23,44	120,76	126,83
	V	3,96	35,23	4,71	30,83	19,24	3,15	4,06	8,05	7,16	93,09	82,41
	X	10,19	41,64	10,26	39,31	55,75	58,72	0,00	16,39	23,63	200,13	157,85

Tabela 4.15. Usos finais de energia elétrica residencial por Subzonas no verão.

Zonas	Subzonas	Uso final de energia elétrica residencial por Subzona em porcentagem (%)								Consumo total
		Iluminação	Refrigerador	Freezer	Chuveiro	Ar Condicionado	Televisor	Outros	Standby	
1	A	1,5	21,5	10,9	38,8	2,5	10,0	14,8	0,1	100,0
	B	3,9	17,7	6,2	31,7	10,1	9,4	20,9	0,1	100,0
2	C	9,9	52,9	2,0	0,0	2,4	9,6	20,2	3,0	100,0
	D	3,8	25,8	6,7	34,2	0,5	10,7	18,1	0,2	100,0
	E	5,4	30,1	7,1	31,9	0,4	9,0	15,7	0,5	100,0
3	F	7,2	34,9	5,0	14,9	1,5	12,2	22,8	1,6	100,0
	G	8,7	36,9	3,9	21,2	3,8	8,3	15,8	1,4	100,0
4	H	12,2	32,4	3,7	14,7	2,8	14,3	18,1	1,7	100,0
	I	9,1	41,2	6,0	5,1	2,5	12,7	22,0	1,5	100,0
5	J	9,3	43,6	4,5	6,3	1,6	14,1	17,6	3,0	100,0
	K	8,2	30,2	4,4	21,1	1,3	11,2	22,3	1,4	100,0
	L	4,6	34,9	3,5	41,1	1,2	6,6	6,4	1,7	100,0
6	M	7,4	33,9	4,3	24,7	4,7	11,2	13,2	0,7	100,0
	N	7,4	35,5	3,7	15,3	5,7	12,6	18,2	1,7	100,0
	O	9,3	38,0	4,1	12,8	3,0	13,7	17,9	1,3	100,0
	P	7,0	48,6	4,0	2,2	0,0	14,4	22,9	1,0	100,0
7	Q	8,2	40,3	0,2	18,0	0,0	12,9	19,2	1,3	100,0
	R	14,6	29,0	4,3	3,0	0,0	16,3	31,2	1,7	100,0
	S	8,8	44,1	4,1	0,5	3,3	16,0	19,1	4,1	100,0
8	T	8,5	47,8	5,2	0,9	4,4	16,2	15,1	2,0	100,0
	U	1,8	42,9	6,7	0,3	7,1	15,1	20,8	5,3	100,0
	V	7,4	47,7	2,6	18,5	1,0	11,4	9,3	2,0	100,0
	X	13,6	36,4	3,3	2,5	0,2	14,0	28,3	1,9	100,0

Tabela 4.16. Usos finais de energia elétrica residencial por Subzonas no inverno.

Zonas	Subzonas	Uso final de energia elétrica residencial por Subzona em porcentagem (%)								Consumo total
		Iluminação	Refrigerador	Freezer	Chuveiro	Ar Condicionado	Televisor	Outros	Standby	
1	A	1,5	22,0	11,9	38,7	0,0	10,5	15,3	0,1	100,0
	B	3,7	16,1	6,0	46,1	0,0	8,5	19,5	0,1	100,0
2	C	9,9	54,1	2,0	0,0	0,1	9,8	21,0	3,1	100,0
	D	3,4	23,5	6,9	39,2	0,0	10,0	16,8	0,2	100,0
	E	5,0	27,6	6,9	36,2	0,1	8,5	15,2	0,5	100,0
3	F	5,6	27,7	4,3	33,0	0,3	9,8	18,2	1,2	100,0
	G	8,2	36,3	3,9	26,4	0,0	7,9	15,8	1,5	100,0
4	H	10,3	27,6	3,7	31,1	0,0	11,8	14,0	1,4	100,0
	I	7,6	34,5	5,7	22,9	0,0	10,0	18,0	1,3	100,0
5	J	8,5	42,4	4,3	11,7	0,0	13,3	16,9	3,0	100,0
	K	6,6	26,7	3,6	35,0	0,0	9,4	17,5	1,2	100,0
	L	5,3	43,1	4,6	29,8	0,0	8,2	6,9	2,2	100,0
6	M	7,1	32,8	4,0	31,2	0,0	10,9	13,4	0,7	100,0
	N	6,6	32,6	4,0	26,5	0,0	11,6	17,2	1,6	100,0
	O	6,5	27,2	3,8	39,2	0,0	9,5	12,8	1,0	100,0
	P	4,5	37,2	2,6	28,2	0,0	11,3	15,5	0,7	100,0
7	Q	5,8	26,7	0,2	44,9	0,0	9,3	12,2	0,9	100,0
	R	7,8	15,9	2,6	45,5	0,0	8,6	18,7	0,9	100,0
	S	8,6	43,1	3,7	2,4	3,1	15,8	19,0	4,2	100,0
8	T	8,6	48,9	5,7	1,3	0,8	16,7	15,8	2,1	100,0
	U	1,9	40,0	5,9	12,7	0,0	14,2	20,0	5,4	100,0
	V	8,1	51,3	3,3	11,4	1,2	12,2	10,5	2,1	100,0
	X	7,6	21,7	2,2	43,0	0,0	8,0	16,3	1,1	100,0

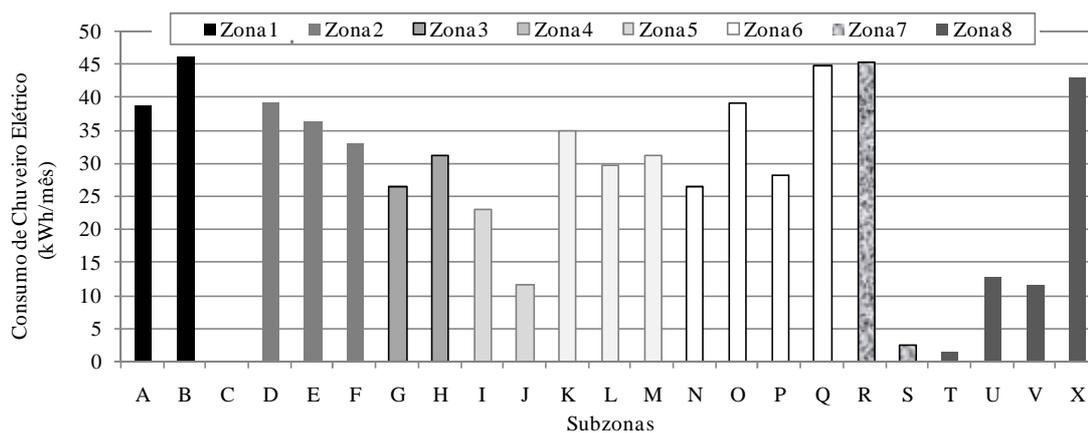


Figura 4.37. Consumo de energia elétrica residencial de chuveiro por subzonas em kWh/ mês no inverno.

4.4. Usos Finais de Energia Elétrica por Faixa de Consumo

Esta pesquisa também avaliou a distribuição das residências por faixa de consumo de energia (consumo estimado por esta pesquisa) como mostra a Figura 4.38. Observa-se que a maioria, precisamente 33%, das residências consome de 50 a 100 kWh/mês. A Figura 4.39 apresenta a faixa de consumo de energia elétrica real utilizada por cada residência e informada pelas concessionárias prestadoras de serviço na localidade. Observa-se que 31% das residências consomem entre 101 e 200 kWh/mês, seguido por 22% das residências que consomem entre 51 e 100 kWh/mês. A Figura 4.40 é uma variação da Figura 4.38 com o objetivo de comparar os valores de consumo real com o estimado por esta pesquisa. Pode-se notar uma inversão da faixa de consumo que mais contém residências; enquanto nesta pesquisa a maioria das residências encontra-se na faixa de 51 a 100 kWh/mês, as concessionárias apontaram que a maioria consome de 101 a 150 kWh/mês.

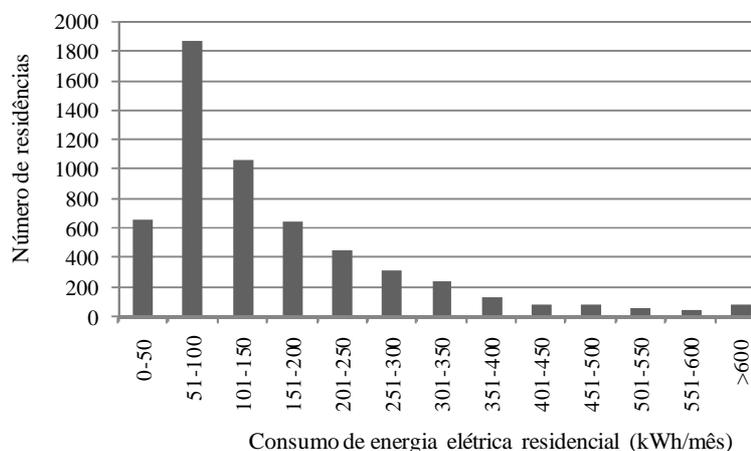


Figura 4.38. Distribuição das residências por faixa de consumo de energia elétrica de acordo com a base de dados utilizada neste trabalho.

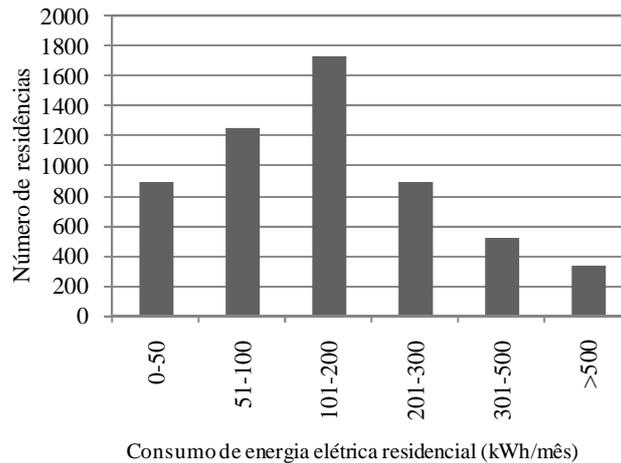


Figura 4.39. Distribuição das residências por faixa de consumo de energia elétrica de acordo com dados do PROCEL. Fonte: PROCEL (2007).

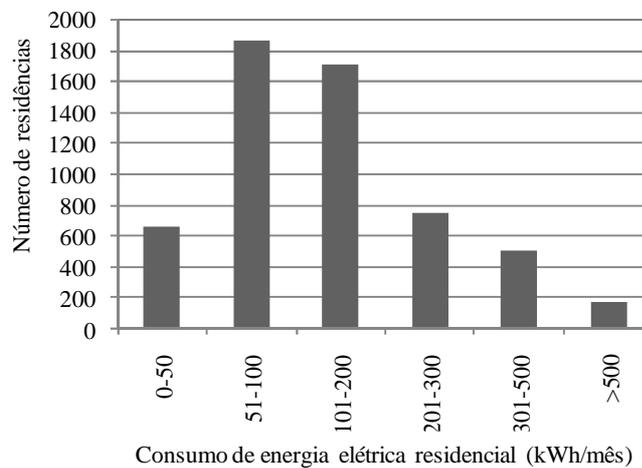


Figura 4.40. Distribuição das residências por faixa de consumo de energia elétrica estimado por esta pesquisa.

Os consumos de energia elétrica real e estimado foram comparados com a finalidade de verificar se o valor de consumo encontrado por esta pesquisa se enquadra no intervalo fornecido pelas concessionárias. Pode-se verificar a porcentagem de amostras cujo consumo estimado encontra-se dentro do consumo real na Tabela 4.17. A região Sudeste foi a que apresentou o melhor resultado onde 45% das residências encontram-se dentro do intervalo real considerando 10% para mais ou para menos do intervalo de consumo enquanto a região Norte mostrou o pior valor (apenas 31%).

Tabela 4.17. Porcentagem das residências que apresentam consumo de energia elétrica dentro do intervalo real de consumo fornecido pelas concessionárias.

Porcentagem de residências (%)					
Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
31	40	38	45	41	41

As diferenças entre o consumo real e o estimado podem ter sido ocasionadas por vários motivos. Dentre eles estão: erro de estimativa do tempo de uso dos equipamentos por parte do entrevistado, potência dos equipamentos maior ou menor que a real, falta de alguns equipamentos utilizados nas residências que não foram incluídos no questionário.

A Tabela 4.18 apresenta a posse de equipamentos por faixa de consumo de energia elétrica (consumo estimado por esta pesquisa). Observa-se que a posse de equipamentos das residências cujo consumo é elevado, é bem maior que a das faixas com menor consumo, com exceção dos aparelhos de televisor e de refrigerador.

Tabela 4.18. Posse de equipamentos residenciais por faixa de consumo.

Equipamentos	Posse de Equipamento por Faixa de Consumo (%)					
	0-50 kWh/mês	51-100 kWh/mês	101-200 kWh/mês	201-300 kWh/mês	301-500 kWh/mês	>500 kWh/mês
Refrigerador	76	98	99	99	100	99
Freezer	18	20	34	47	69	90
Chuveiro	34	48	85	92	94	96
Ar Condicionado	1	4	11	18	26	59
Televisor	88	97	98	100	100	100
Aparelho de Som	47	66	68	73	92	86
Computador	12	19	24	21	28	19
Ferro Elétrico	77	90	93	92	10	99
Lava Roupa	54	49	76	67	80	73
Lava Louça	1	2	5	5	18	5
Secadora	0	3	4	14	48	35
Forno Microondas	8	18	39	32	45	29
Forno Elétrico	1	4	9	9	11	4
Torneira Elétrica	0	0	2	2	0	0

A Tabela 4.19 apresenta a quantidade de lâmpadas média por residências para as seis faixas de consumo indicada por esta pesquisa. Observa-se que a quantidade média de lâmpadas cresceu com o aumento do consumo de energia elétrica. Nota-se, também, que houve um crescimento na quantidade de lâmpadas fluorescente e fluorescente compactas nas faixas de maior consumo. A quantidade de lâmpadas incandescente

manteve-se alta em todas as faixas só diminuindo na faixa com consumo de energia elétrica maior de 500 kWh/mês.

Tabela 4.19. Quantidade média de cada tipo de lâmpadas por residência para cada faixa de consumo de energia elétrica.

Faixa de Consumo	Quantidade Média de Lâmpadas por Residência				
	Incandescentes	Fluorescente	Fluorescente Compacta	Outras	Total de Lâmpadas
0-50	3	1	1	0	5
51-100	3	1	2	0	6
101-200	4	1	2	0	7
201-300	4	1	3	0	8
301-500	4	2	3	0	8
>500	2	2	4	0	8

Esta pesquisa também analisou os usos finais para cada faixa de consumo de energia elétrica a fim de avaliar o perfil e as diferenças entre elas. As Figuras 4.41 a 4.46 apresentam os usos finais para residências de acordo com as seis faixas de consumo. Percebe-se que as residências com menor consumo de energia elétrica mensal apresentam um uso final de refrigerador muito maior. Nas residências com consumo de 0-50 kWh/mês o uso final deste equipamento representa 54% enquanto nas moradias com consumo maior de 500 kWh/mês corresponde a apenas 9% do total. Isso se deve principalmente ao crescimento no uso final de chuveiros elétricos que variou de 2% nas residências de menor consumo para 60% nas de maior consumo. Além do chuveiro elétrico, o freezer também aumenta sua porcentagem de consumo à medida que as residências consomem mais energia elétrica.

É importante analisar que os equipamentos mais comuns em uma residência são o refrigerador e o televisor sendo que nas casas com menor consumo estes são os principais consumidores de energia. Já nas residências onde o consumo, a renda familiar e a posse de equipamentos eletrônicos são maiores, os equipamentos citados anteriormente representam uma porcentagem menor de consumo.

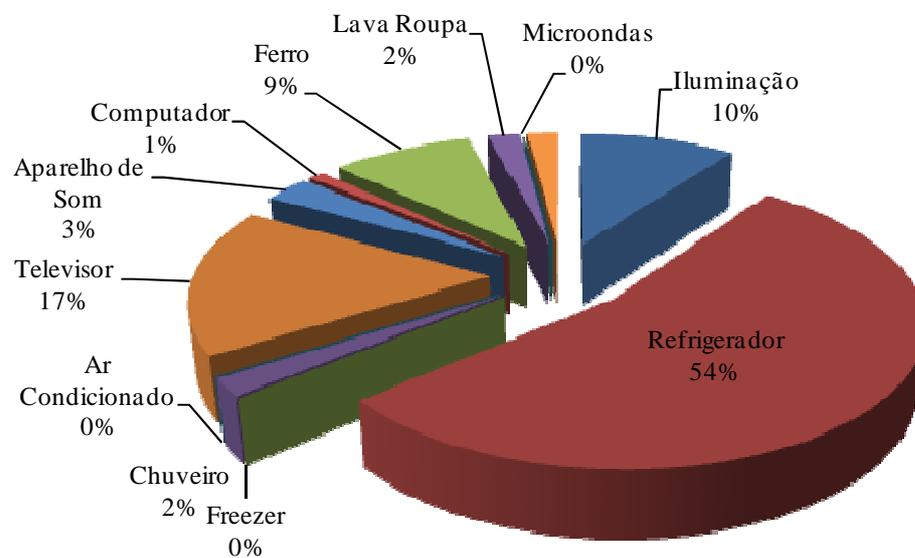


Figura 4.41. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 0-50 kWh/mês.

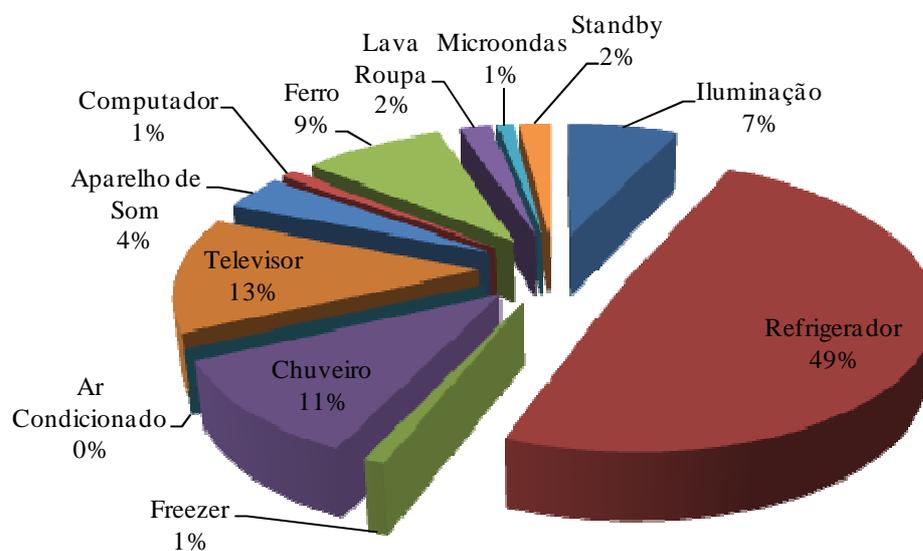


Figura 4.42. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 51-100 kWh/mês.

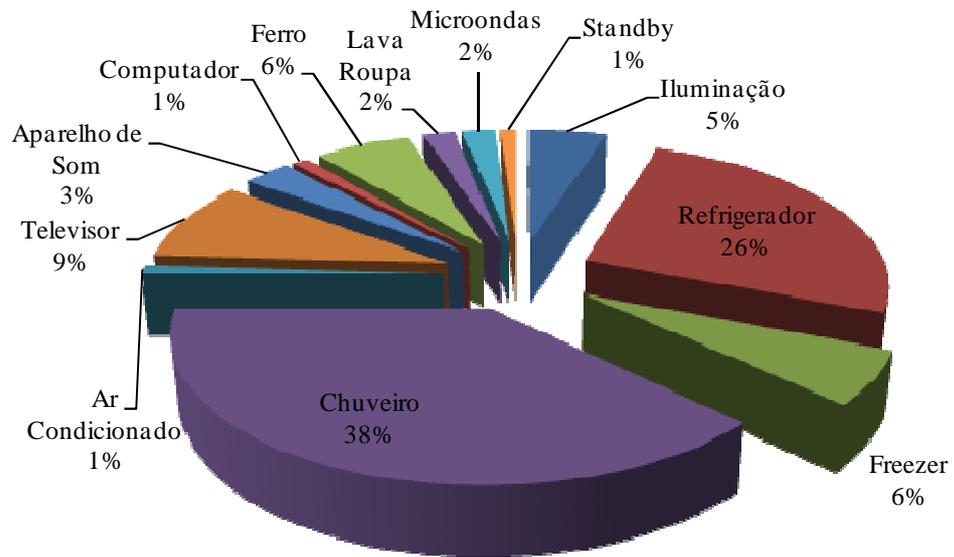


Figura 4.43. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 101-200 kWh/mês.

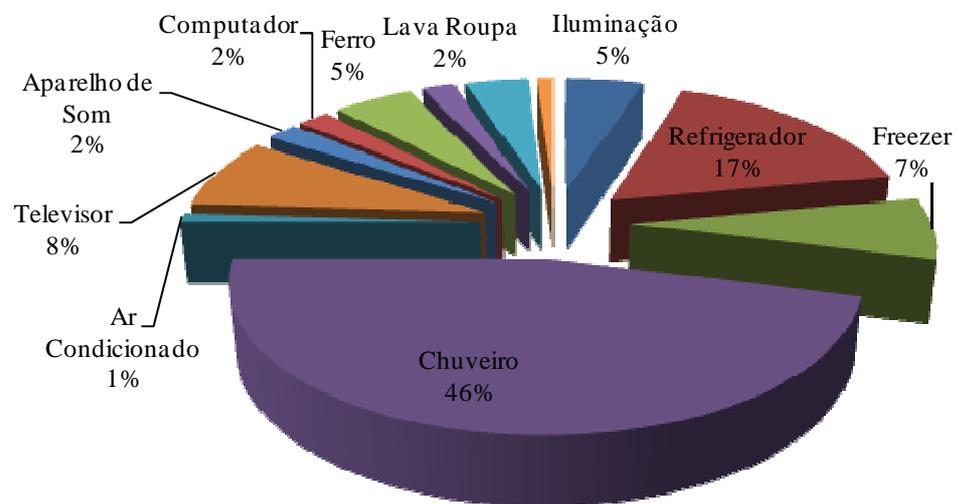


Figura 4.44. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 201-300 kWh/mês.

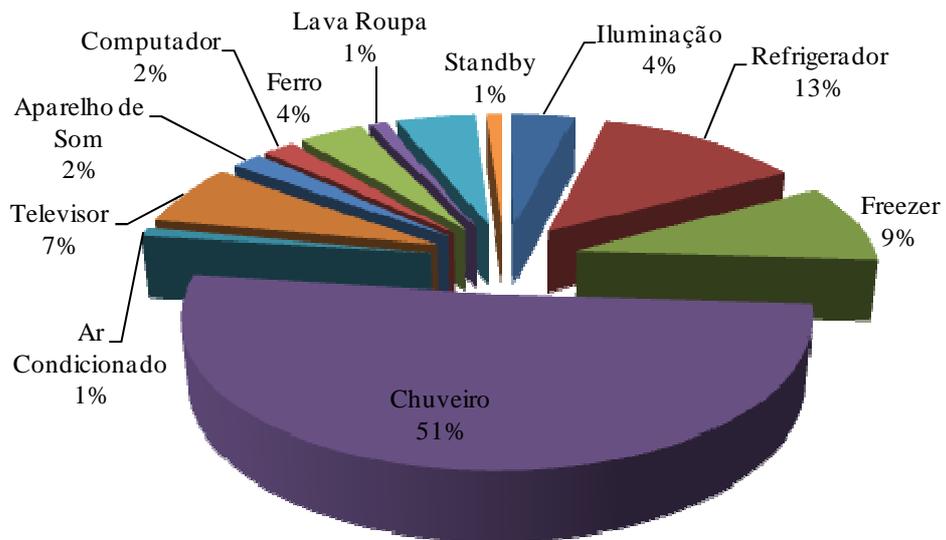


Figura 4.45. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio de 301-500 kWh/mês.

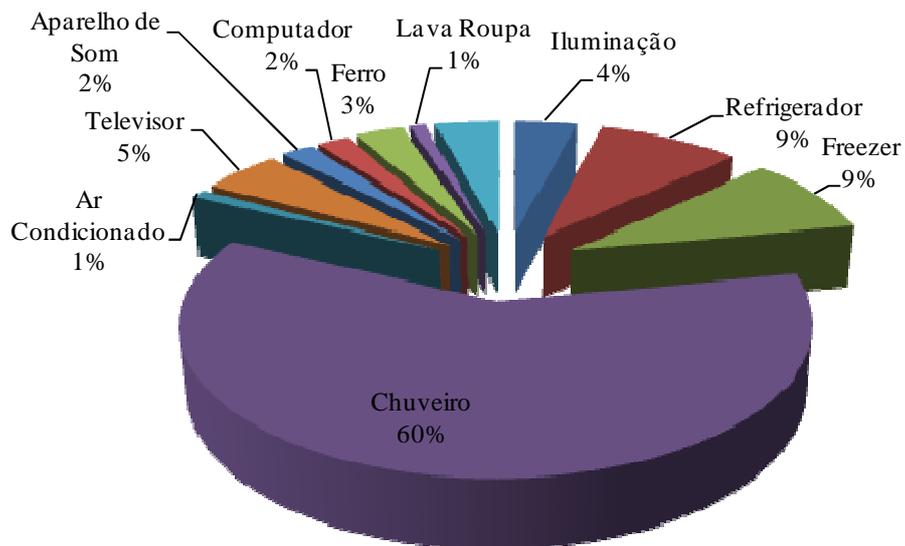


Figura 4.46. Usos finais de energia elétrica por residência com consumo médio maior do que 500 kWh/mês.

4.5. Intervalo de Confiança

Estimados os usos finais e o consumo de energia, foi verificada a normalidade desses valores. Para calcular o intervalo de confiança dessas variáveis é necessário que o teste de normalidade seja aceito. Este teste foi realizado através do método de Kolmogorov-Smirnov que foi aplicado segundo informações contidas na metodologia.

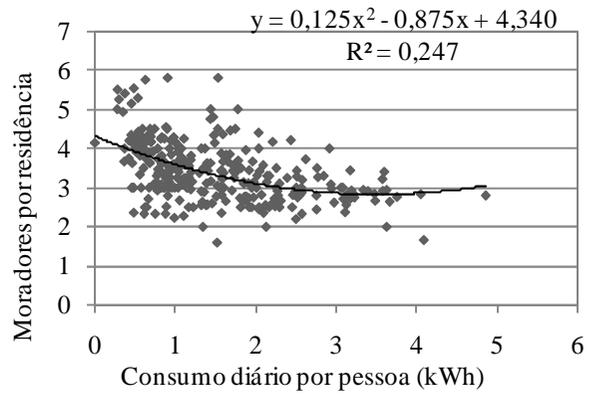
Por exemplo, para o consumo de chuveiro elétrico da região Norte foi selecionado a maior diferença absoluta ($D_{\text{máx}}$) entre a função de distribuição normal acumulada e a frequência relativa observada acumulada, este valor foi de 0,714969. A amostra seria normal se $D_{\text{máx}}$ fosse menor que o valor crítico dado pela Equação 3.3 que assumiu o valor de 0,016095. Assim pode-se afirmar que a distribuição do consumo do chuveiro não é normal. Foi realizado o mesmo cálculo para outros equipamentos e não foi encontrado normalidade em nenhuma deles. Após várias tentativas verificou-se que a amostra não tem distribuição normal, portanto não foi possível calcular os intervalos de confiança.

4.6. Correlações

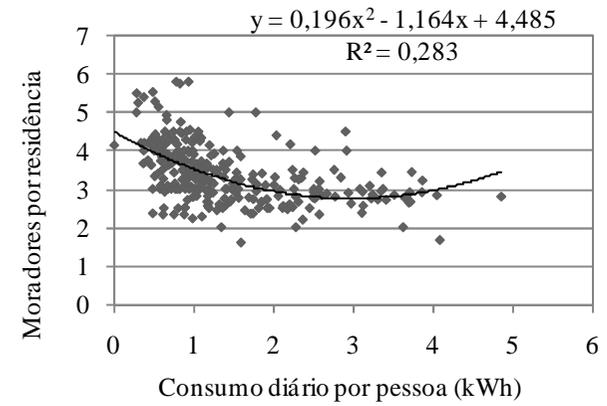
Neste item serão apresentadas as correlações entre algumas variáveis mencionadas neste trabalho, visando determinar o grau de influência entre elas. A Figura 4.47 mostra a correlação entre o consumo diário de energia elétrica por pessoa com a quantidade de moradores por residência. Apesar do coeficiente de determinação ser baixo, a correlação revela que quanto maior a quantidade de moradores por residência, menor o consumo de energia por pessoa causada pela utilização de equipamento de uso comum na residência (refrigerador e freezer, por exemplo). Nota-se que o coeficiente de determinação não possui uma variação significativa quando comparados os gráficos com consumo no verão e inverno.

As Figuras 4.48 e 4.49 mostram que o consumo e uso final de chuveiro elétrico são melhores correlacionados com o número de chuveiros por residência no inverno do que no verão. Os dados de consumo nulo são decorrentes ao uso da chave do chuveiro, que controla o aquecimento da água, na posição “desligado” e “verão” ou quando o equipamento não foi utilizado pelos moradores da residência.

Para o ar condicionado, ocorre uma melhor correlação entre a posse do equipamento com o consumo mensal de energia elétrica e o uso final de ar condicionado no verão. Nota-se nas Figuras 4.50 e 4.51 que no inverno o coeficiente de determinação é extremamente baixo.

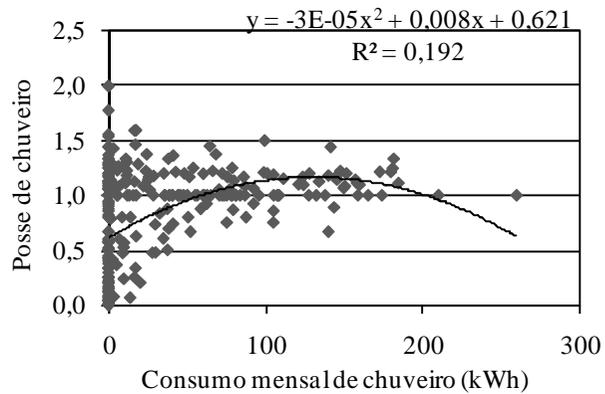


(a) Verão

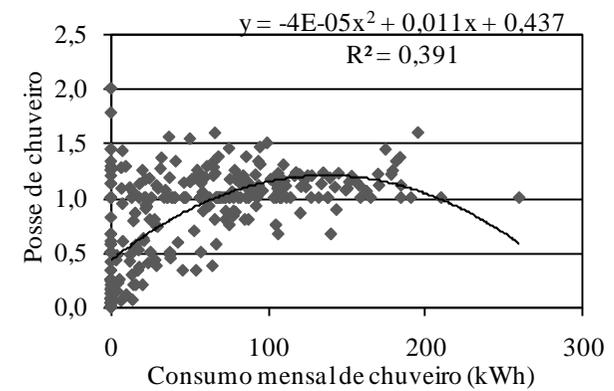


(b) Inverno

Figura 4.47. Correlação entre número de moradores por residência e consumo diário por pessoa.

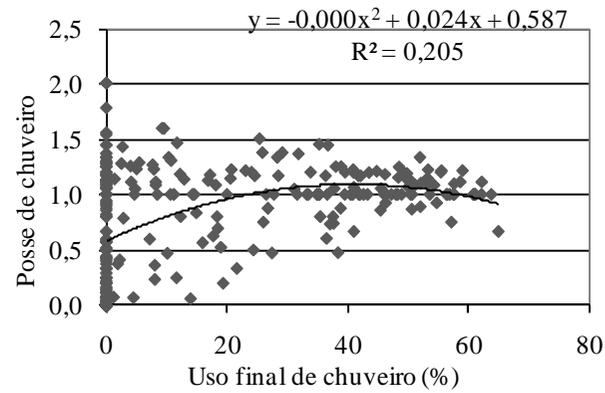


(a) Verão

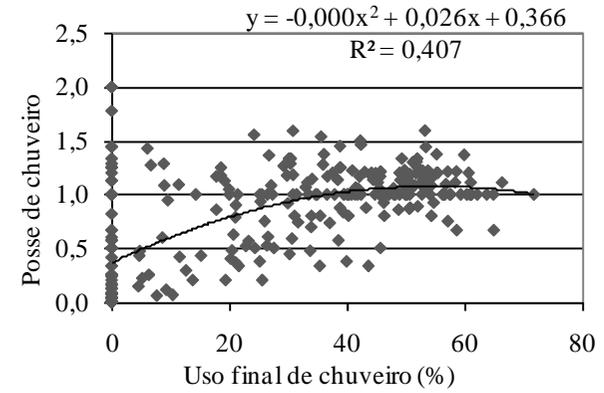


(b) Inverno

Figura 4.48. Correlação entre posse e consumo residencial mensal de eletricidade com uso de chuveiro elétrico.

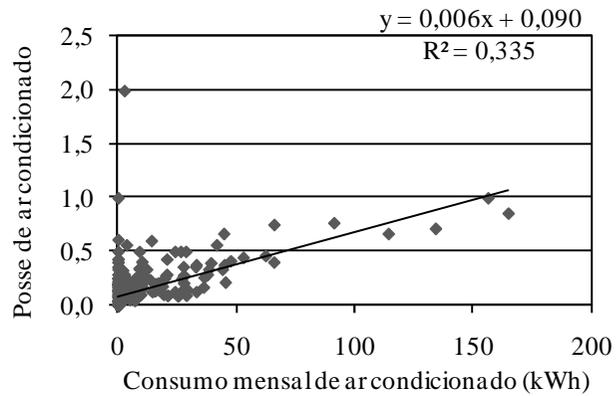


(a) Verão

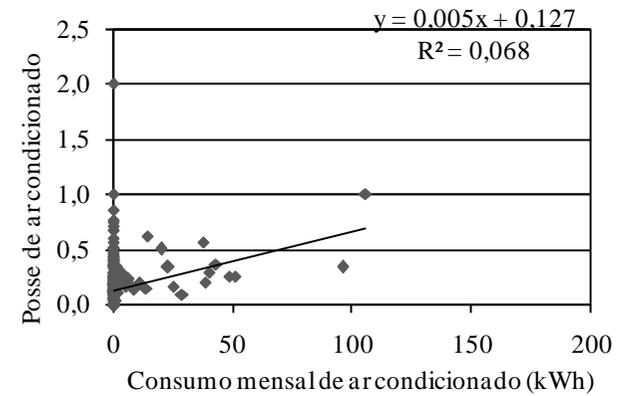


(b) Inverno

Figura 4.49. Correlação entre posse e uso final de chuveiro elétrico.

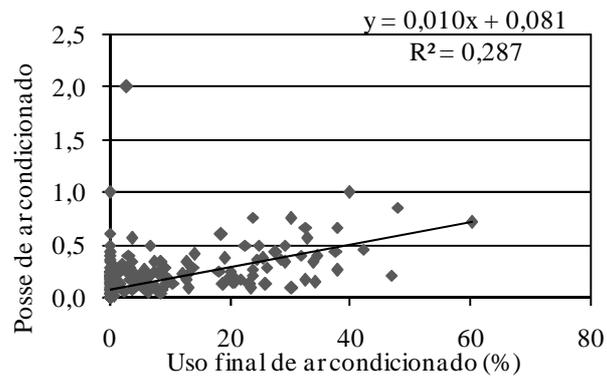


(a) Verão

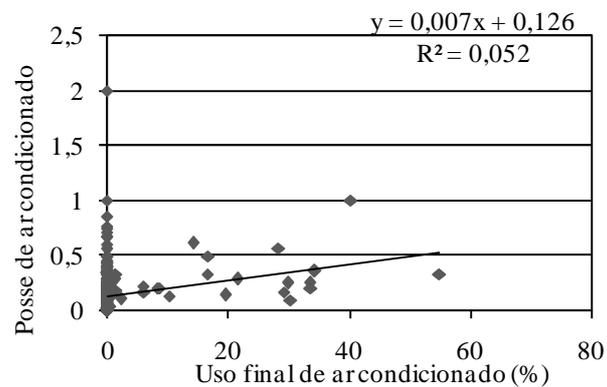


(b) Inverno

Figura 4.50. Correlação entre posse e consumo residencial mensal de eletricidade com o uso de ar condicionado.



(a) Verão

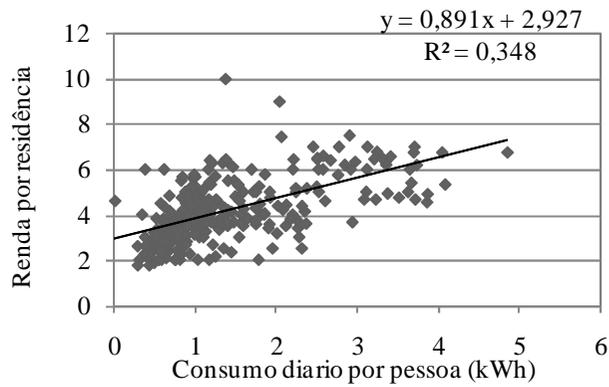


(b) Inverno

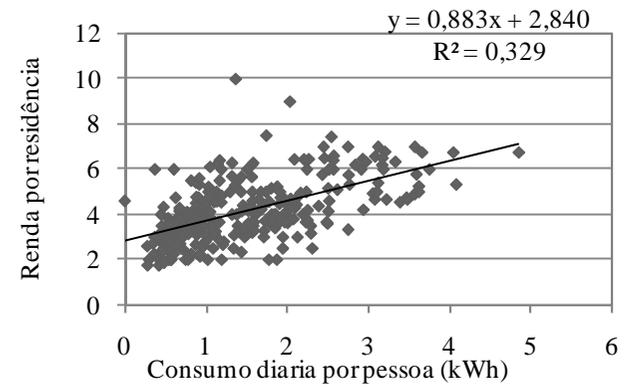
Figura 4.51. Correlação entre posse e uso final de ar condicionado.

A Figura 4.52 mostra a correlação entre número de salários mínimos por residência com consumo diário por pessoa. Confirmam-se os comentários anteriores que quanto menor a renda familiar (indicado em números de salários mínimos), menor o consumo de energia elétrica residencial.

Observa-se na Figura 4.53 que a latitude possui certa correlação com o consumo de energia, sobretudo no inverno. Percebe-se que quanto mais ao sul do país, maior é o consumo de energia. É importante observar que o chuveiro é responsável por 45% a 49% do consumo de energia elétrica na região Sul, segundo esta pesquisa. Como o chuveiro é mais utilizado no inverno, principalmente nas regiões frias, é maior o coeficiente de determinação no inverno entre latitude e consumo de energia elétrica.

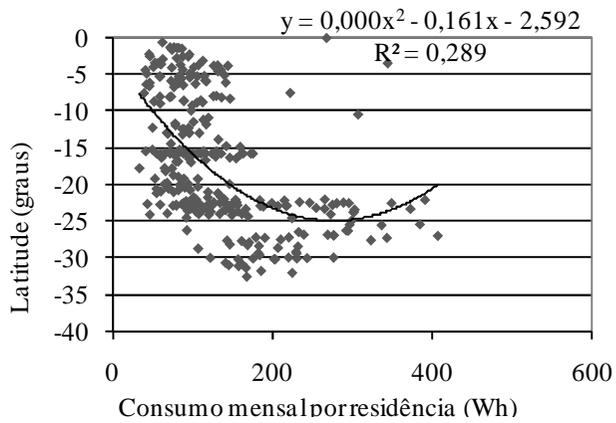


(a) Verão

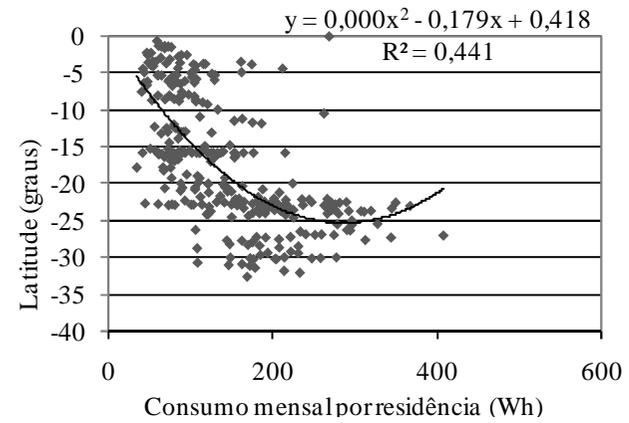


(b) Inverno

Figura 4.52. Correlação entre renda mensal residencial e consumo de energia elétrica por pessoa.



(a) Verão

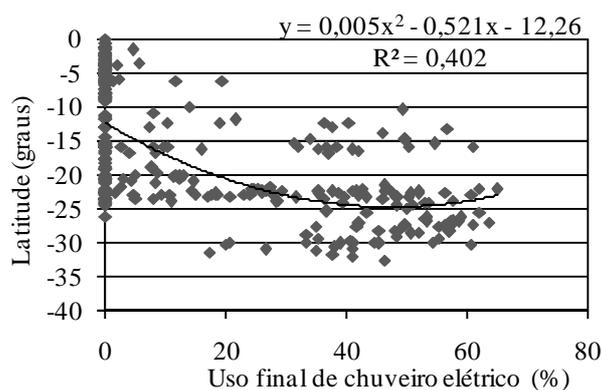


(b) Inverno

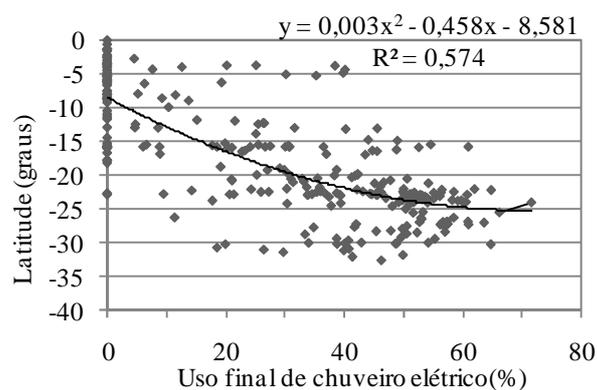
Figura 4.53. Correlação entre latitude e consumo mensal por residência.

Diante da influência da latitude no consumo de energia, é importante analisar a correlação entre latitude e usos finais de energia de chuveiro elétrico (Figuras 4.54 e 4.55) e ar condicionado (Figuras 4.56 e 4.57). Observa-se uma boa correlação entre latitude e uso final de chuveiro elétrico. Nas Figuras 4.55 e 4.57 foram desconsiderados os dados onde o uso final era nulo, pois em alguns casos o questionário não estava respondido de forma correta, prejudicando o resultado. Nota-se que para o chuveiro elétrico a correlação diminui.

A Figura 4.58 apresenta a correlação entre latitude e uso final de energia elétrica de refrigerador. Apesar do baixo coeficiente de determinação percebe-se que quanto mais ao norte do Brasil maior a porcentagem de consumo deste aparelho em relação ao consumo total da residência. A Figura 5.59 apresenta a correlação entre a latitude e o uso final de energia elétrica de iluminação, esta correlação foi praticamente inexistente.

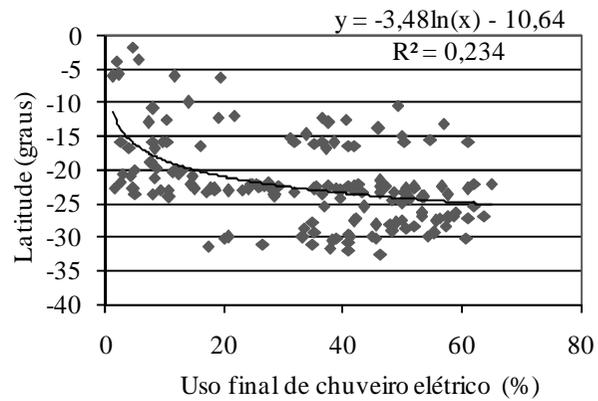


(a) Verão

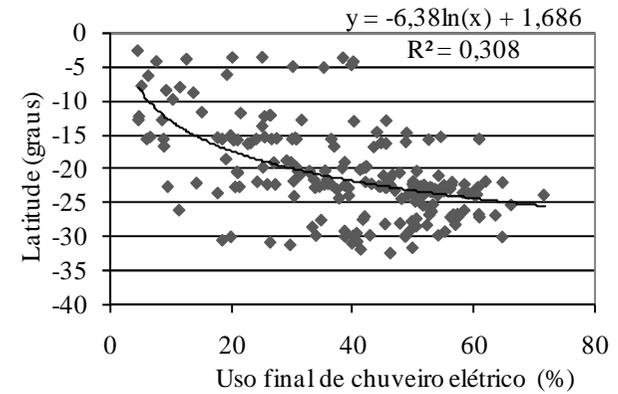


(b) Inverno

Figura 4.54. Correlação entre latitude e uso final de chuveiro elétrico.

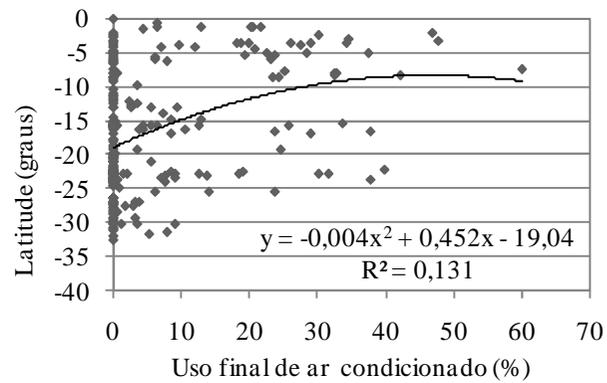


(a) Verão

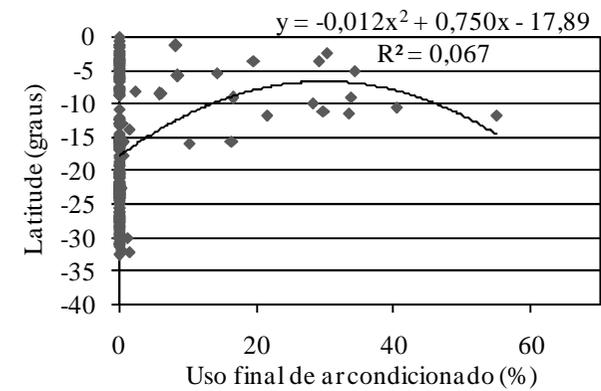


(b) Inverno

Figura 4.55. Correlação entre latitude e uso final de chuveiro, excluídos os dados de consumo nulo.

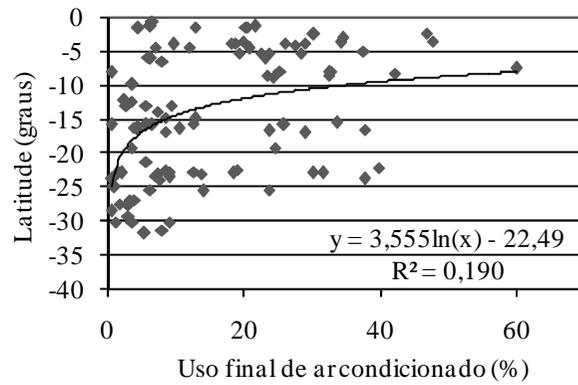


(a) Verão

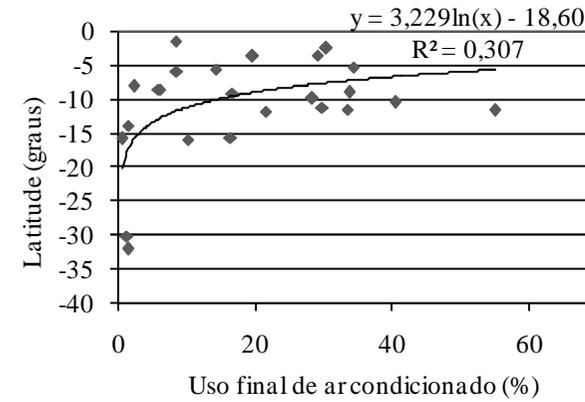


(b) Inverno

Figura 4.56. Correlação entre latitude e uso final de ar condicionado.



(a) Verão



(b) Inverno

Figura 4.57. Correlação entre latitude e uso final de ar condicionado, excluídos os dados de consumo nulo.

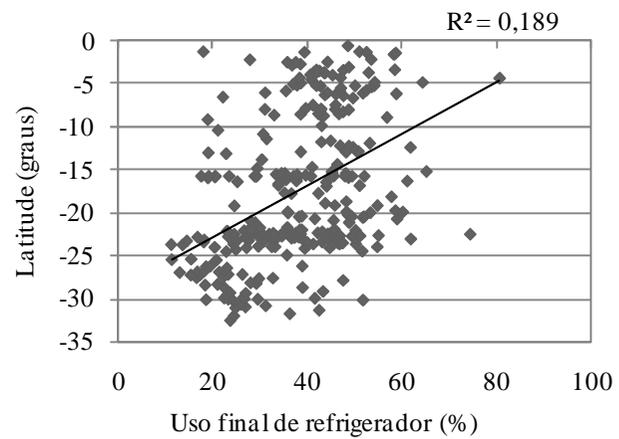


Figura 4.58. Correlação entre latitude e uso final de refrigerador.

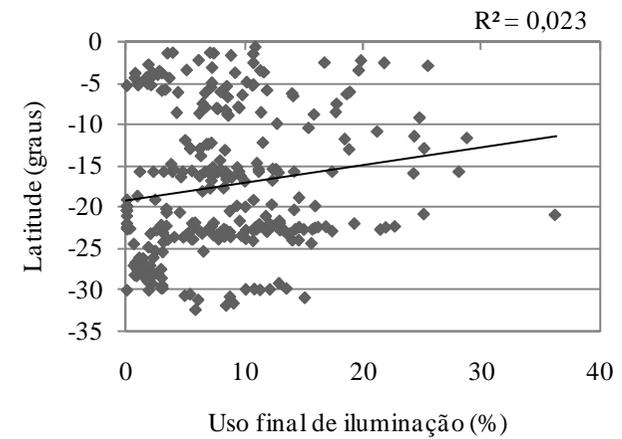


Figura 4.59. Correlação entre latitude e uso final de iluminação.

4.7. Considerações Finais

Nesse capítulo foi apresentado o consumo e o uso final de energia elétrica dos principais equipamentos elétricos presentes em uma residência, além de analisadas as componentes econômicas e sociais de cada região.

Mais de 40% da população brasileira reside na região Sudeste, que possui aproximadamente 10% da área territorial do país. Esta região é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% e 50% do consumo de energia do país no verão e inverno, respectivamente. A região Sul, onde há o maior número de salários por residência, é onde se consome mais energia por residência, tanto no verão quanto no inverno. A região Norte é a que possui o maior número de moradores por residência e também o menor número de salários por residência, de acordo com a pesquisa.

Em todas as regiões, a maioria das pessoas abordadas pela pesquisa mora em residências do tipo casa. A área construída das residências na maioria dos casos é de 51m² a 75m² em todas as regiões. As residências com menos de 51m² de área construída estão mais concentradas nas regiões Norte e Sudeste.

Segundo a pesquisa, em todas as regiões, independente da cobertura, o consumo de energia quando não utilizado o ar condicionado não passa de 200 kWh, exceto na região Sul. Quando utilizado o ar condicionado o consumo de energia passa a ser o dobro ou mais, na maioria dos casos. Um dos principais tipos de combinações de cobertura é a telha de barro com forro plástico, que é mais utilizado na região Centro-Oeste e o segundo mais utilizado nas demais regiões do país.

De todas as residências pesquisadas, o refrigerador e o televisor estavam presentes em 96% e 97% delas, respectivamente, sendo esses os aparelhos mais presentes nas residências brasileiras.

Nota-se ainda um excessivo número de chuveiros elétricos no Brasil, exceto nas regiões Norte e Nordeste, onde muitas vezes não é usada nenhuma forma de aquecimento para água de banho. O aquecimento solar de água ainda é pouco utilizado no Brasil, embora seja muito importante para a economia de energia, já que o chuveiro elétrico é um dos

principais consumidores de eletricidade em uma residência. Observa-se que tanto nas Zonas Bioclimáticas quanto nas regiões geográficas de temperaturas predominantemente baixas há um excessivo consumo de energia com aquecimento de água para banho, assim como o uso de ar condicionado no verão para as regiões de temperaturas predominantemente altas.

Os baixos coeficientes de determinação obtidos nos gráficos de correlação são justificados pela estimativa do uso de equipamento feita através de um questionário não muito preciso, contudo foram obtidas influências significativas em quase todas as variáveis estudadas.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo serão discutidas as conclusões obtidas nas análises, a partir dos resultados descritos no capítulo quatro. Também serão expostas as limitações do trabalho e propostas para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões Gerais

O objetivo principal deste trabalho foi comparar o consumo e estimar os usos finais de energia elétrica no setor residencial das cinco regiões geográficas e oito Zonas Bioclimáticas brasileiras.

O consumo de energia elétrica e os usos finais estimados neste trabalho, para residências brasileiras, foram calculados conforme a metodologia apresentada no capítulo três. Os resultados foram analisados em três agrupamentos diferentes: Regiões Geográficas, Zonas Bioclimáticas e Subzonas, que levaram em consideração a divisão política ou climática do Brasil. Para cada classificação foram realizadas duas análises no decorrer do ano, uma para verão e outra para inverno, onde o chuveiro elétrico e o ar condicionado foram analisados separadamente.

O consumo médio residencial brasileiro por mês atingiu o valor de 143,30 kWh no verão e 161,14 kWh no inverno. O uso final, em termos médios para todo o Brasil, ficou distribuído da seguinte forma: 7% para iluminação, 42% para refrigerador e freezer, 19% para aquecimento de água de banho, 2% para ar condicionado, 7% para televisor, 18% para os demais equipamentos eletrônicos e 2% em *standby*.

O consumo e o uso final para as cinco regiões geográficas apresentaram um comportamento interessante, pois à medida que se analisava moradias mais ao sul do país, maior era o consumo de energia elétrica. Assim, a região Sul apresentou o maior consumo residencial entre as regiões geográficas brasileiras, atingindo o valor de 273 kWh/mês no verão e 261 kWh/mês no inverno. A região Norte, menor consumo do Brasil, registrou 96 kWh/mês no verão e 81 kWh/mês no inverno. Atribui-se esta grande diferença ao consumo do chuveiro, que atingiu o consumo médio de 129 kWh/mês no inverno na região Sul. Na região Norte o consumo de chuveiro elétrico foi inferior a 2

kWh/mês, correspondente a menos de 1% do total. O uso final para o chuveiro elétrico, na região Sul, corresponde a 39% no verão e menos de 43% no inverno. Na região Norte o ar condicionado apresentou seu maior uso final, 5% do total no verão e 1% no inverno.

Verificou-se uma grande variação dos usos finais entre as Zonas Bioclimáticas ficando evidente que as Zonas mais frias apresentaram um elevado uso final de chuveiro elétrico. O uso final deste equipamento no inverno variou de 45% do consumo total na Zona 1 para 6% na Zona 7. Outro equipamento influenciado pelo clima é o ar condicionado que entre Zonas variou no verão entre 0% e 8% nas Zonas 2 e Zona 1, respectivamente. Observou-se que a Zona 1 apresentou o maior consumo de energia elétrica no verão para este equipamento, apesar desta Zona apresentar o clima mais ameno do Brasil. Porém, verificou-se que no inverno este equipamento não é utilizado. O aumento no consumo no verão é devido à elevação da temperatura sendo ajudada por esta região apresentar uma das rendas mais elevadas do Brasil.

O uso final por faixa de consumo de energia elétrica revelou que as residências com menores médias de consumo apresentam um uso final de refrigerador e televisor muito maiores. Nas residências com consumo de 0-50 kWh/mês o uso final de refrigerador representa 54% enquanto nas moradias com consumo maior de 500 kWh/mês corresponde a apenas 9% do total. Isso se deve principalmente ao crescimento no uso final de chuveiros elétricos que variou de 2% nas residências de menor consumo para 60% nas de maior consumo. É importante analisar que os equipamentos mais comuns em uma residência são o refrigerador e o televisor sendo que nas casas com menor consumo estes são os principais consumidores de energia.

O uso final das Subzonas apresentou grandes variações entre os resultados. Conclui-se que regiões com relevo, clima e cultura semelhantes (por estarem próximas) apresentam os mesmos hábitos de consumo tanto para chuveiro elétrico quanto para os demais equipamentos. Como as Zonas Bioclimáticas Brasileiras estão divididas em oito grandes grupos com localidades muitas vezes muito remotas, as Subzonas mostraram um padrão de uso final e consumo entre as residências mas adequado. Ocorreu assim um padrão de consumo de chuveiro elétrico que ainda não ocorria entre Zonas Bioclimáticas, sendo que as residências pertencentes à mesma Subzona apresentaram um consumo deste equipamento muito semelhante.

A posse de equipamentos e a renda familiar foram correlacionadas com o consumo de energia elétrica residencial, bem como a latitude das cidades e o uso final de energia de ar condicionado e chuveiro elétrico. Estas correlações foram caracterizadas pela influência no consumo e no uso final de energia elétrica.

As correlações apresentadas neste relatório confirmam as influências propostas entre o consumo de energia elétrica versus latitude, o número de moradores por residência e o uso de chuveiro e ar condicionado. A correlação entre o consumo diário de energia elétrica por pessoa e a quantidade de moradores por residência revela que quando há um aumento no número de moradores por residência, diminui o consumo de energia por morador, pois há utilização de aparelhos de uso comum na residência (refrigerador e freezer, por exemplo).

A correlação entre latitude e usos finais de energia de chuveiro elétrico revelou que as cidades mais ao sul tiveram maior percentagem de uso deste equipamento que as demais regiões. A correlação entre latitude e usos finais de energia de ar condicionado também confirmou, de uma maneira geral, que quanto menor a latitude maior o uso final deste equipamento.

A partir dos resultados obtidos é possível verificar a importância de determinar os usos finais de energia em residências com objetivo de buscar novas estratégias e tecnologia para economia de energia elétrica. Concluiu-se que os diferentes climas do território brasileiro e a renda da população são as principais influências do consumo de energia elétrica do setor residencial, sobretudo, por meio do uso de ar condicionado e de chuveiro elétrico.

5.2. Limitações do Trabalho

A primeira limitação a se destacar neste trabalho é relativo ao erro existente na pesquisa, por se tratar de entrevista e pela dificuldade encontrada pelo entrevistado em responder com precisão sobre os hábitos de consumo. Devido a esta dificuldade, o banco de dados apresenta lacunas, o que aumenta significativamente o erro da pesquisa.

Este trabalho apontou um consumo de chuveiro elétrico muito alto o que foi ocasionado por uma grande parte dos entrevistados responderem que utiliza este equipamento durante todas as estações do ano com a posição da chave do chuveiro na estação de inverno, o que eleva o consumo. Por isso, conclui-se que pode haver um erro nesta pesquisa, ou por parte da dificuldade do entrevistado em responder com precisão o verdadeiro hábito de uso deste equipamento, ou em relação à elevada potência utilizada para cálculo do consumo que foi informada no próprio relatório correspondente ao banco de dados.

O relatório ficou limitado por:

- Incerteza nas respostas dos entrevistados;
- Ausência da potência de alguns equipamentos eletrônicos;
- Alguns dados apresentaram pouca precisão, não esclarecendo o grau de utilização de alguns equipamentos por dia no mês e sim por um intervalo de tempo;
- Incluir o hábito de uso de todos os equipamentos eletrônicos relacionados na pesquisa e não apenas dos principais;
- Grande quantidade dos entrevistados respondeu para várias perguntas que “não sabem” ou “não responderam”;
- Não foi possível saber a qual cômodo da residência o equipamento estudado pertencia.

5.3. Sugestões para Trabalhos Futuros

As sugestões para melhoria de futuros trabalhos referentes ao consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro são:

- Comparação das propriedades térmicas das paredes, coberturas e janelas sobre o consumo de energia das residências;
- Calcular o consumo de energia elétrica não com a potência máxima fornecida pelo fabricante do equipamento eletrônico, mas sim com a média do consumo real;
- Realizar correlações de altitude com uso final de chuveiro elétrico e ar condicionado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005.

ALMEIDA, M.A., SCHAEFFER, R., LA ROVERE, E.L. The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil. **Energy**, v.26, n. 4, p. 413-29, 2001.

BEN - Balanço Energético Nacional. Relatório final / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (ano base: 2005). Rio de Janeiro, 2006.

BEN - Balanço Energético Nacional. Balanço Energético Nacional 2008 (ano base: 2007). Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2008.

CARDOSO, A. G. S. A Influência das Propriedades Térmicas e Características Construtivas no Desempenho Térmico de Cinco Residências Unifamiliares Localizadas em Itaberá-Sp. Trabalho de Conclusão de Curso UFSC- Florianópolis, 2006.

EDP – Energias de Portugal. Disponível em: <<http://www.edp.pt/EDPI/Internet/PT/Group/Sustainability/EnergyEfficiency/HowToSave/Stand+by/standby.htm>>. Acesso em dezembro de 2008.

ELETRORÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S. A., PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Pesquisa de Posse de equipamentos e Hábitos de Uso - Ano base 2005 – Casse Residencial – Relatório Brasil. Rio de Janeiro, 2007.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Monitoramento, Acompanhamento e Análise do Mercado de Energia Estatística e Análise do Mercado de Energia Elétrica - Boletim mensal (mês-base: novembro 2007). Rio de Janeiro, 2008.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Estatística e Análise do Mercado de Energia Elétrica Boletim Mensal (mês-base: Dezembro 2006). Rio de Janeiro, 2007.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Monitoramento, Acompanhamento e Análise do Mercado de Energia Estatística e Análise do Mercado de Energia Elétrica - Boletim mensal (mês-base: novembro 2007). Rio de Janeiro, 2008.

FAMAT. Disponível em:< http://www.famat.ufu.br/espe/eea3/aulas_arquivos/denise/Kolmogorov-Smirnov.pdf>. Acesso em maio de 2009.

FLORENTINO, H. O. ; SARTORI, M. M. P. . Game Theory in Sugarcane Crop Residue and Available Energy Optimization. **Biomass & Bioenergy**, v. 25, n. 1, p. 29-34, 2008.

FURNAS Centrais Elétricas S.A. Disponível em:< www.furnas.com.br>. Acesso em setembro de 2008.

GREENPEACE. Mudanças do Clima, Mudanças de Vidas - Como o aquecimento global já afeta o Brasil. Greenpeace Brasil, 2006.

GREENPEACE. Revolução Energética Perspectivas para uma Energia Global Sustentável. Greenpeace Brasil, 2007.

GHISI, E.; TINKER, J. A.; IBRAHIM, S. H. Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: literatura *versus* simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 5, n.4, p. 81-93, 2005.

GHISI, E., GOSCH, S., LAMBERTS, R. Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 8, p. 4107-4120, 2007.

GOULART, S., LAMBERTS, R., FIRMINO, S. Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. ELETROBRAS, PROCEL, Florianópolis, 1997.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/>> em outubro de 2007.

IEA . Energy Efficiency Policy Profiles Cool Appliances Policy Strategies for Energy-Efficient Homes. **International Energy Agency**, v. 2, 2003

JANNUZZI, G.M., SCHIPPER, L. The structure of electricity demand in the Brazilian household sector. **Energy Policy**, v. 19, n. 9, p. 879-91, 1991.

LAMBERTS, R. Desempenho Térmico de Materiais e Componentes de Edificação. II Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil. Artigo Técnico, UFSC. Florianópolis-SC. 1989.

MACIEL, Alexandra Albuquerque. Projeto Bioclimático em Brasília: Estudo de Caso em Edifícios de Escritório. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2002.

MME, Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br> />. Acesso em fevereiro de 2008.

OECD Trade Policy Studies Environmental and Energy Products The Benefits of Liberalising Trade: Can Energy-Efficient Electrical Appliances Be Considered 'Environmental Goods'? **SourceOECD Emerging Economies**, n. 20, p. 150-200, 2006.

PARKER, D.S. Research highlights from a large scale residential monitoring study in a hot climate. **Energy and Buildings**, v.35, n. 9, p. 863–876, 2003.

PAPST, A. L.; GHISI, E.; COLLE, F.; ABREU, S.L.; GOULART, S.; BORGES T. Eficiência energética e uso racional da energia na edificação – Florianópolis: LABSOLAR, 2005.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: <www.eletrobras.gov.br/procel >. Acesso em fevereiro de 2008.

RORIZ, M. ZBBR 1.1 - Zoneamento Bioclimático do Brasil. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

TEIXEIRA G. O novo ciclo da energia nuclear. **Brasil nuclear**, v. 8, n. 23, p.167 – 185, 2002.

VITTORINO, F.; SATO, N.M.N.; AKUTSU, M. Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas. **Revista Técnica**, v. 75, p. 66-70, 2003

YOHANIS, Y. G.; MONDOL, J. D.; WRIGHT, A.; NORTON, B. Real-life energy use in the UK: How occupancy and dwelling characteristics affect domestic electricity use. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 6, p.1053-1059, 2007

ZHANG, Q. Residential energy consumption in China and its comparison with Japan, Canada, and USA. **Energy and Buildings**, v. 36, n. 12, p. 1217–1225, 2004.

APÊNDICE I

Tabela I.1. Conversão das potências em BTU para Watts.

Potência em BTUs	Potência em Watts
6000	810
7000	900
7500	1000
8300	1120
10000	1150
12000	1350
15000	1850
18000	2050
21000	2650
24000	3250

APÊNDICE II

Tabela II.1. Usos Finais de Energia Elétrica no verão para as regiões brasileiras.

Equipamentos	Usos Finais de Energia Elétrica (%)				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Iluminação	9,3	6,8	7,2	10,0	4,0
Refrigerador	49,0	45,0	42,1	37,3	21,3
Freezer	4,6	5,0	4,1	3,9	7,1
Chuveiro	0,4	6,9	13,1	8,3	39,4
Ar Condicionado	4,7	3,6	0,5	1,7	2,7
Televisor	15,6	15,0	11,3	13,4	8,7
Aparelho de Som	3,1	3,8	4,3	4,2	2,3
Computador	0,8	0,6	2,1	1,6	0,9
Ferro Elétrico	7,9	8,3	7,8	9,2	5,0
Lava Roupa	2,8	0,8	2,6	2,9	1,5
Lava Louça	0,1	0,0	0,1	0,2	2,0
Secadora	0,0	0,3	0,0	0,2	2,0
Forno	0,5	0,7	2,5	4,3	2,1
Forno Elétrico	0,0	0,1	0,3	0,6	0,5
Torneira Elétrica	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3
<i>Standby</i>	1,2	3,1	2,0	1,7	0,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabela II.2. Usos Finais de Energia Elétrica no Inverno para as regiões brasileiras.

Equipamentos	Usos Finais de Energia Elétrica (%)				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Iluminação	9,6	7,0	7,3	7,0	3,8
Refrigerador	50,6	46,3	43,1	27,1	20,4
Freezer	5,1	5,3	4,0	3,1	7,3
Chuveiro	0,2	6,9	8,9	35,6	43,3
Ar Condicionado	1,1	0,7	3,3	0,0	0,0
Televisor	16,2	15,4	11,7	9,6	8,4
Aparelho de Som	3,2	3,9	4,3	2,9	2,3
Computador	1,0	0,7	2,0	1,2	0,9
Ferro Elétrico	8,3	8,6	8,0	6,5	4,8
Lava Roupa	2,9	0,8	2,6	1,9	1,5
Lava Louça	0,1	0,0	0,1	0,2	2,1
Secadora	0,0	0,3	0,0	0,1	2,0
Forno	0,6	0,7	2,4	2,8	2,2
Forno Elétrico	0,0	0,1	0,3	0,5	0,5
Torneira Elétrica	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
<i>Standby</i>	1,3	3,3	2,0	1,2	0,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

APÊNDICE III

Tabela III.1. Uso final de energia elétrica residencial nas Zonas Bioclimáticas brasileiras no verão.

Equipamentos	Consumo médio mensal por residência (kWh/mês) no verão.							
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
Iluminação	3,3	5,8	9,0	11,3	8,0	6,7	5,8	5
Refrigerador	19,1	30,0	31,9	40,3	34,7	43,8	46,3	33
Freezer	7,2	6,1	4,7	4,0	4,3	3,8	3,8	8
Chuveiro	33,7	29,6	15,5	5,5	19,8	10,9	0,5	9
Ar Condicionado	8,5	0,4	0,8	0,7	1,4	3,7	2,7	18
Televisor	9,5	10,2	12,4	13,2	11,3	10,4	16,4	11
Aparelho de Som	1,9	3,2	3,9	4,4	2,5	3,8	6,7	3
Computador	0,7	0,7	1,8	2,4	1,9	1,3	1,3	1
Ferro Elétrico	5,7	6,7	8,2	9,0	8,0	8,8	9,5	6
Lava Roupa	1,5	2,2	2,7	3,2	1,5	2,8	2,5	1
Lava Louça	3,1	1,3	0,7	0,2	0,0	0,0	0,1	0
Secadora	2,7	1,2	0,8	0,1	0,5	0,0	0,2	0
Forno Microondas	1,9	1,6	5,1	3,1	4,0	1,8	1,5	1
Forno Elétrico	0,8	0,5	0,6	0,3	0,2	0,3	0,1	0
Torneira Elétrica	0,3	0,2	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0
<i>Standby</i>	0,2	0,4	1,4	2,3	1,9	1,9	2,8	2
Consumo Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100

Tabela III.2. Uso final de energia elétrica residencial nas Zonas Bioclimáticas brasileiras no inverno.

Equipamentos	Consumo médio mensal por residência (kWh/mês) no inverno.							
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
Iluminação	3,2	5,2	5,9	9,7	7,0	6,5	5,7	7,9
Refrigerador	17,5	26,7	21,9	33,7	33,7	43,2	43,2	46,2
Freezer	7,2	6,1	3,8	3,5	4,0	4,0	3,3	5,4
Chuveiro	45,0	36,0	42,3	21,1	27,5	14,9	6,1	6,9
Ar Condicionado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,0	0,7
Televisor	8,9	9,5	8,5	11,2	10,3	10,2	15,3	15,3
Aparelho de Som	2,0	2,9	2,6	3,6	2,2	4,0	6,4	3,6
Computador	0,8	0,7	1,3	2,2	1,6	1,5	1,3	0,9
Ferro Elétrico	5,2	6,1	5,4	7,5	7,3	8,5	9,0	8,0
Lava Roupa	1,4	2,0	1,7	2,5	1,2	2,7	2,2	1,7
Lava Louça	3,3	1,3	0,6	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1
Secadora	2,4	1,2	0,7	0,1	0,4	0,0	0,1	0,2
Forno Microondas	2,1	1,5	3,4	2,6	2,8	2,0	1,4	0,9
Forno Elétrico	0,7	0,4	0,5	0,2	0,1	0,4	0,1	0,2
Torneira Elétrica	0,3	0,2	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
<i>Standby</i>	0,1	0,3	0,9	2,0	1,9	2,1	2,7	2,2
Consumo Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0